



# Anteproyecto

## PLAN SECTORIAL DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO SECTOR AGRICULTURA

ENERO 2024

## Contenido

I.	Capítulo 1.- Introducción y objetivos de mitigación.....	3
1.1	Presentación y contexto en que se sitúa el presente Plan Sectorial de Mitigación	4
1.2	Objetivos de mitigación sectorial .....	5
II.	Capítulo 2.- Diagnóstico sectorial .....	7
2.1	Presentación del sector .....	7
2.2	Descripción de las emisiones de GEI. Contexto nacional y sectorial .....	10
2.3	Actividades clave que determinan la tendencia de emisiones.....	16
2.4	Ámbito de acción habilitante.....	18
2.5	Análisis de tendencias del sector.....	19
2.5.1	Tendencia histórica y esperada de las emisiones.....	21
2.6	Medidas previas con impacto en las emisiones futuras .....	22
2.7	Estado del presupuesto sectorial .....	23
III.	Capítulo 3.- Medidas de mitigación .....	24
3.1	Levantamiento de medidas de mitigación .....	24
3.2	Estimación de Costos y Curvas de Costo Marginal de Abatimiento (MAC) de las medidas propuestas .....	28
3.3	Análisis de brechas institucionales, técnicas, legales y económicas .....	30
3.4	Evaluación de riesgos .....	32
3.5	Consolidación de resultados y análisis descriptivo de las medidas de mitigación.....	37
	Contribución del sector forestal a las acciones de mitigación .....	47
IV.	Capítulo 4. Indicadores de Monitoreo, Reporte y Verificación.....	49
4.1	Objetivo del sistema de MRV de Medidas de Mitigación del PSM de Agricultura .....	50
4.2	Consideraciones para la selección de indicadores .....	51
4.3	Indicadores de efectos sector Agricultura.....	53
V.	Capítulo 5. Medidas asociadas a medios de implementación .....	67
	Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura biodigestores porcinos .....	68
	Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura uso eficiente fertilizantes.....	72
	Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura aditivo reductor metano.....	74
	Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura biodigestores bovinos. ....	77
	Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura quemas agrícolas ..	80
	Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura quemas agrícolas ..	83

## I. Capítulo 1.- Introducción y objetivos de mitigación

Nuestro planeta se encuentra en un punto de inflexión. Si bien el clima de la Tierra ha cambiado a lo largo de su historia, el cambio climático y el calentamiento global<sup>1</sup> en particular, están ocurriendo a una tasa y velocidad sin precedentes. Al mismo tiempo, existe evidencia inequívoca de que la actividad humana es la causa principal de este cambio<sup>2</sup>.

A su vez, la causa directa del calentamiento global en la actualidad es la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) producto de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles. Si bien la presencia natural y en equilibrio de estos gases en la atmósfera han hecho posible la vida en el planeta, el aumento exponencial de concentración observado desde mediados del siglo XIX ha provocado un aumento de temperatura aproximadamente 10 veces más rápido que la tasa promedio de calentamiento posterior a una era de hielo<sup>3</sup>.

Lo anterior tiene efectos considerables en el sistema climático, provocando cambios en los patrones meteorológicos tales como aumentos de temperatura, disminución de las precipitaciones y el aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos como inundaciones y sequías. Esto afecta directamente las actividades productivas, en especial la agricultura que es altamente dependiente de las condiciones climáticas, además de las subsecuentes implicancias para los medios de vida de millones de agricultores y las comunidades en donde se insertan y desarrollan su actividad.

Considerando la magnitud y el alcance del desafío que enfrentamos, y sus implicancias para el desarrollo del sector agropecuario y la seguridad alimentaria local y global, se hace imperativo tomar acciones no solo para adaptarnos a los efectos que ya observamos y así fortalecer la resiliencia de un sector clave para el bienestar de la población, sino también redoblar esfuerzos para reducir las emisiones de GEI y así evitar los efectos más catastróficos producto del cambio climático en el futuro.

La agricultura enfrenta un escenario complejo en el contexto del cambio climático. En primer lugar, el sector agrícola es uno de los sectores económicos más vulnerables a los efectos de la variabilidad climática. La agricultura ya está experimentando condiciones desafiantes e impactos negativos debido a la mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos, los que afectan no solo la cantidad y calidad de los alimentos que produce el sector, sino también las condiciones de vida de los agricultores, especialmente los más pequeños.

Esto supone un gran desafío para la seguridad alimentaria mundial. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) estima con un nivel de confianza alto, que la seguridad alimentaria se verá cada vez más afectada por el cambio climático en el futuro proyectado. El mismo organismo proyecta un aumento del precio de los cereales de hasta 30% en 2050 debido a efectos directos del cambio climático, lo que impactaría negativamente a los consumidores a nivel mundial a través de precios más

---

<sup>1</sup> Definido por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) como el cambio en la temperatura de la superficie global relativo a los años 1850-1900 como línea base (período más antiguo con observaciones confiables y cobertura geográfica suficiente).

<sup>2</sup> IPCC sexto informe de evaluación, [WGI, Technical Summary](#)

<sup>3</sup> <https://climate.nasa.gov/evidence/>

altos de los alimentos, con variaciones considerables dependiendo de la región. Los consumidores de bajos ingresos están particularmente en riesgo, con modelos que estiman aumentos de 1 a 183 millones de personas adicionales en riesgo de hambre en los escenarios proyectados en comparación con un escenario sin cambio climático<sup>4</sup>.

Por otro lado, las mismas estimaciones internacionales nos muestran que a nivel global los sistemas agroalimentarios son responsables del 21%-37% de las emisiones totales de GEI, lo que incluye el sistema en su conjunto, es decir, la producción, almacenamiento, actividades de procesamiento, la cadena de suministro y el cambio de uso de la tierra. Esta estimación incluye las emisiones de las actividades agrícolas y ganaderas como tal, que representan entre 9%-14%, y las provenientes del uso de la tierra y cambio de uso de la tierra, incluyendo deforestación y degradación de turberas, que corresponden a 5%-14% de las emisiones. Entre el 5%-10% provienen de actividades de la cadena de suministro<sup>5</sup>.

En este contexto el sector enfrenta dos grandes desafíos. Por un lado, se hace urgente acelerar la implementación de acciones de adaptación para aumentar la resiliencia de los sistemas productivos agrícolas frente a las amenazas presentes y futuras del cambio climático. Y por otro, es igualmente importante abordar las emisiones de GEI sectoriales, mediante acciones y políticas públicas que faciliten su implementación, y así contribuir al cumplimiento de las metas climáticas que nos pide la ciencia para estabilizar el aumento de la temperatura y evitar las peores consecuencias del calentamiento global, lo que a su vez implicaría mayores esfuerzos de adaptación en un sistema ya altamente estresado.

### 1.1 Presentación y contexto en que se sitúa el presente Plan Sectorial de Mitigación

La Ley N°21.455, Ley Marco de Cambio Climático (LMCC), publicada el 13 de junio de 2022, tiene por objeto (i) transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero y otros forzantes climáticos, hasta alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones a más tardar al año 2050; (ii) adaptarse al cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático; y (iii) dar cumplimiento a los compromisos internacionales asumidos por el Estado de Chile en la materia. El artículo 4° refuerza la meta de mitigación, estableciendo el objeto de alcanzar la neutralidad de emisiones a más tardar al año 2050.

Para alcanzar los objetivos y meta de mitigación, la LMCC establece un nuevo esquema institucional: se dota a los órganos de la Administración del Estado de un conjunto de nuevas competencias y obligaciones, asignándoles la responsabilidad de desarrollar instrumentos de gestión del cambio climático, ya sea directamente en la elaboración, actualización, implementación y seguimiento de estos, o de colaboración con otros organismos en dichas labores.

La Ley consagra una serie de instrumentos de gestión del cambio climático, tanto a nivel nacional (Estrategia Climática de Largo Plazo, ECLP; Contribución Determinada a Nivel Nacional, NDC; Planes Sectoriales de Mitigación del Cambio Climático, Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático y el Reporte de Acción Nacional de Cambio Climático), como a nivel regional y local (Planes de Acción Regional de Cambio Climático y Planes de Acción Comunal de Cambio Climático y los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas). Estos instrumentos establecen el sistema integral para viabilizar la

---

<sup>45</sup> IPCC Reporte Especial: Cambio Climático y Suelo, capítulo 5.

consecución de los objetivos y metas que establece la Ley, determinando contribuciones a nivel sectorial y territorial.

En este contexto, y dentro del ámbito de mitigación al cambio climático, la Ley establece que al Ministerio de Agricultura le corresponde elaborar un Plan Sectorial de Mitigación (PSM) en un plazo de dos años desde la fecha de publicación de la Ley. De acuerdo con el artículo 8 de la Ley, los PSM deberán establecer el conjunto de acciones y medidas para reducir o absorber GEI de manera de no sobrepasar el presupuesto sectorial de emisiones<sup>6</sup> asignado a cada autoridad sectorial en la ECLP.

## 1.2 Objetivos de mitigación sectorial

La LMCC asignó responsabilidad de reducción de emisiones a distintos ministerios, establecidos en la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP), con el objetivo de cumplir con el presupuesto de emisiones total del país al 2030 comunicado en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). El Ministerio de Agricultura tiene un objetivo de emisiones en los siguientes sectores del inventario:

1. Sector agricultura (incluyendo todas las actividades y subcategorías)
2. Sector energía en las siguientes categorías:
  - a. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco
  - b. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías
  - c. Porcentaje de emisiones asociado a consumo de electricidad

En el proceso de actualización de los presupuestos sectoriales para el período 2020-2030 realizado por la División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente, se proyectó un aumento de las emisiones del sector agricultura. Este ascendió para el escenario de referencia NDC (definido en la ECLP) de 123,4 MtCO<sub>2</sub>eq a 125,2 MtCO<sub>2</sub>eq, considerando solo las emisiones de la categoría 3 del inventario que corresponde al Sector Agricultura. Además, se incluyeron las emisiones de las subcategorías 1.A.2.e y 1.A.4.c del mismo instrumento, por lo que las emisiones son 135,2 MtCO<sub>2</sub>eq para el mismo escenario y el presupuesto sectorial u objetivo de mitigación es de 133,9 MtCO<sub>2</sub>eq. También aumentó el esfuerzo de mitigación asignado para el Ministerio de Agricultura, pasando de 1 a 1,3 MtCO<sub>2</sub>eq al 2030.

En ese contexto, a través del presente plan, se establecen el conjunto de medidas y acciones necesarias a nivel sectorial para cumplir con los objetivos de mitigación propuestos. Del objetivo de reducción de emisiones se desprende que las medidas propuestas son aquellas cuyo impacto se puede contabilizar en el presupuesto de emisiones asignado, lo que a su vez está determinado por la metodología de asignación sectorial de presupuestos de carbono realizada por el Ministerio de Medio Ambiente.

Esta asignación del presupuesto sectorial no consideró las capturas del sector forestal. Sin embargo, este sector tiene objetivos y compromisos de mitigación fundamentales para el cumplimiento de las metas climáticas nacionales y representa el único sector que consistentemente absorbe CO<sub>2</sub> en el país, lo que lo

---

<sup>6</sup> Los presupuestos sectoriales de emisiones de gases de efecto invernadero corresponden a la cantidad máxima de emisiones acumulada a nivel sectorial en un período determinado y que representa la suma de las emisiones totales de dichos gases en cada año comprendido en el período respectivo definida para cumplir la meta del Acuerdo de París.

convierte en el más relevante por su potencial de mitigación. En este sentido, el presente plan considera una sección dedicada a las medidas y acciones en materia de mitigación del sector forestal, como parte de una perspectiva integral en la agenda climática del ministerio de agricultura.

Por otro lado, se incluyen medidas complementarias o adicionales; que abordan objetivos de reducción de emisiones indirectas y/o que, debido a la poca disponibilidad de información en la actualidad para realizar estimaciones robustas, no pueden ser caracterizadas cuantitativamente, y por lo tanto, no forman parte de los compromisos de mitigación sectoriales en el contexto del cumplimiento del presupuesto de emisiones al 2030.

BORRADOR

## II. Capítulo 2.- Diagnóstico sectorial

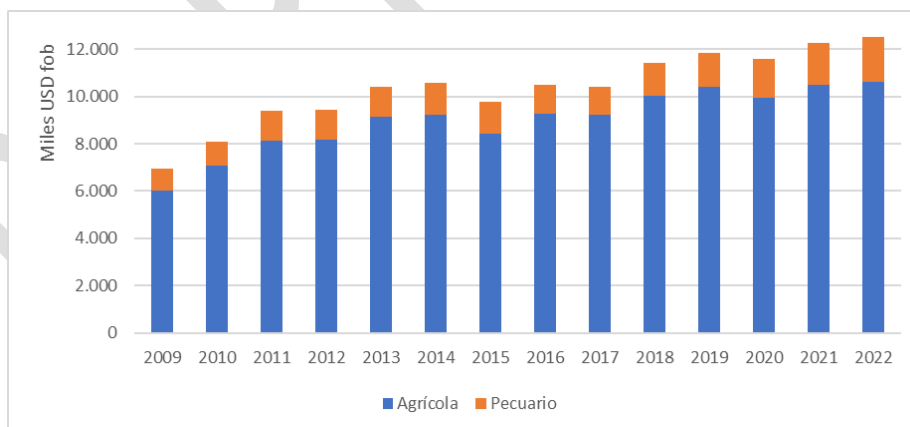
### 2.1 Presentación del sector

El sector agropecuario ha sido un motor para el desarrollo del país a través del fortalecimiento de su cadena de valor en la producción de alimentos para el abastecimiento del mercado nacional e internacional. Genera alrededor de un 7% del empleo nacional (ODEPA, 2023) y el 2022 aportó un 2,8% al PIB nacional. De las exportaciones nacionales, un 13,6% son atribuidas al sector agropecuario. El 2021 el subsector agrícola aportó un 85% de los envíos del sector con exportaciones por US\$11.310 millones<sup>7</sup>. El subsector pecuario aportó el 15% restante, con exportaciones por US\$2.002 millones<sup>8</sup> (Banco Central, 2023). En 2022 se exportó un 50% de la producción nacional de aves de corral, un 56% de cerdo y un 15% de carne de vacuno.

El modelo agroexportador de Chile ha sido exitoso gracias a que se ha sustentado en sus grandes ventajas comparativas como la producción contra temporada, y las ventajas competitivas como el patrimonio fito y zosanitario, la estabilidad política y social y los beneficios entregados por los múltiples acuerdos de libre comercio. El valor exportado se ha duplicado en los últimos 13 años, tanto en el sector agrícola como pecuario (

Figura 1), y actualmente lidera el mercado internacional de algunos productos frutícolas como las cerezas y las ciruelas secas. Los principales socios comerciales son China, Estados Unidos y Japón. Los rubros con mayor desarrollo exportador en la última década son la fruta fresca, el vino, las frutas procesadas y las carnes (porcina, de aves y de vacuno).

Figura 1. Evolución de las Exportaciones Agropecuarias.



Fuente: Elaboración propia con información de ODEPA

Lo anterior ha ayudado a que el PIB Silvoagropecuario (SAP) haya mantenido su participación en el PIB Nacional entre 3,1 y 3,6% entre los años 2018 a 2021. El año 2022 ha marcado la participación más baja

<sup>7</sup> 67% asociado a la exportación de fruta

<sup>8</sup> 82,6% carnes y 9,5% lácteos

con un 2,8% (Tabla 1). Las regiones que tienen una mayor participación en el PIB SAP corresponden a O'Higgins, Maule, Metropolitana y Valparaíso.

Es importante destacar que el sector silvoagropecuario tiene un encadenamiento hacia adelante a través de la elaboración de productos alimenticios y madereros. Foster y Valdés (2013) estimaron el aporte de la industria del procesamiento de alimentos (incluyendo pesca) en 3,94 puntos del PIB, considerando como base el año 2008. Este valor sube a 5,27 con valores actualizados al 2015 (Odepa, 2018). Esto implica que el PIB Silvoagropecuario Ampliado, considerando la producción primaria y el procesamiento industrial, alcanzaría aproximadamente al 8,3% del PIB nacional.

Tabla 1. PIB Silvoagropecuario

Año	PIB del Sector Silvoagropecuario	Participación en el PIB Nacional
	Miles de millones de pesos	%
2018	6.050	3,2
2019	5.989	3,2
2020	6.033	3,6
2021	6.284	3,1
2022	6.290	2,8

Nota: Cifras preliminares para 2021 y provisionales para 2022. \* Participación por clase de actividad económica, series empalmadas, referencia 2018. Participación se calcula sobre precios corrientes.

Fuente: ODEPA

De acuerdo con el último Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE) realizado durante el año 2021, se registraron 45.742.565 hectáreas en el territorio nacional, que corresponden a 138.628 unidades productivas agropecuarias (UPA) equivalentes. Además, se identificaron 36.928 unidades de autoconsumo que totalizan 31.854 hectáreas, estas unidades corresponden a terrenos con superficie menor a 2 ha y que no realizaron ventas en el año agrícola 2020-2021.

Según los usos de suelo para el año 2020-2021, un 4,0% de la superficie total, equivalente a 1.807.819 hectáreas, fue destinado a cultivos de cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales, hortalizas, hongos, plantas aromáticas-especias-medicinales, frutales, vides, flores, semilleros, viveros, césped, forrajeras y praderas mejoradas.

De acuerdo con las cifras censales, la superficie cultivada se distribuye en 528.291 hectáreas de praderas mejoradas, 431.774 hectáreas de cereales, 374.809 hectáreas de frutales, 213.717 hectáreas de forrajeras, 100.811 hectáreas de vides para vinificación y uvas pisqueras, 64.091 hectáreas de hortalizas, hongos, aromáticas, medicinales y condimentarias, 52.999 hectáreas de cultivos industriales, 50.105 hectáreas de leguminosas y tubérculos, 19.260 hectáreas de semilleros, 3.298 hectáreas de viveros y césped y 956 hectáreas de flores de corte.

La producción ganadera está concentrada en aves, cerdos y bovinos. Las cifras del Censo registran 59 millones de cabezas de gallinas y pollos; 2,6 millones de cabezas de porcinos, 2,5 millones de ovinos; 2,4 millones de bovinos; 2,2 millones de pavos, 333 mil caprinos, 284 mil otras aves (patos, gansos, emúes,



codornices); 168 mil equinos, 29 mil conejos, 36 mil llamas y alpacas. Otras especies con 5.000 unidades o menos son asnales, ciervos, jabalís.

En 2022, la producción nacional de todas las carnes fue de 1.554.460 toneladas en vara por un valor de 2.700 millones de dólares, siendo la producción de aves es el sector con mayor volumen. El consumo nacional, por su parte, alcanza un total de 1.477.552 toneladas, de las cuales el 47% corresponde a carne de ave (pollo y pavo), el 30% corresponde a carne bovina, un 21% a carne de cerdo y el restante a carne ovina.

En cuanto a la caracterización de la superficie destinada a producción, estas se encuentran agrupadas en cinco categorías. Un 7% de los predios catastrados corresponden a superficies menores a 1 hectárea. 66,3 % corresponde a predios de 1 a 20 hectáreas, 19,3% son predios de 20 a menos de 100 hectáreas. Un 5,4% de 100 a menos de 500 hectáreas y un 2,0% de 500 hectáreas o más.

Los principales cultivos anuales en el país son trigo, avena, maíz, papa. Para el caso del trigo sus usos apuntan a la elaboración de harina, harina integral, sémola y pastas (trigo candeal). Chile, con su oferta interna, no abastece la demanda nacional siendo necesaria la importación. La avena se utiliza, tanto para la alimentación de ganado (forraje y/o grano), como también como materia prima industrial para la elaboración de láminas de avena, aplastadas o enteras y en otras presentaciones de mezclas de cereales, preparados energéticos (barras), granolas, galletones y hojuelas. El maíz, se puede clasificar como maíz grano que es utilizado para la alimentación de ganado, maíz consumo para la alimentación humana sea fresco o procesado (congelado o conservado) y maíz semilla, que es la única línea de producción que es exportada.

Entre las especies frutales, destaca la producción de Cerezos, Nogal, Uva de mesa, Palto, arándanos. La producción frutícola se divide en producción para fresco, producción para procesamiento (congelados, conservas, deshidratados, jugos, aceites) y producción de frutos secos (nueces, almendras, avellanas, y otros frutos de nuez). Según su importancia en las exportaciones, y a grandes rasgos, se estima que, del total producido, se destina para mercado fresco cerca de 70% de la producción nacional, alrededor de 20% se destina para procesamiento y los frutos secos concentran alrededor de 10% de la producción nacional (Odepa, 2020).

La producción pecuaria se concentra principalmente en aves (pollos y pavos), cerdos y bovinos. El destino de la producción es tanto para consumo interno como para exportación. En el caso de la carne de aves y cerdo el país tiene la capacidad de autoabastecerse, sin embargo, las condiciones competitivas que han entregado los acuerdos comerciales incentivan a que algunos cortes sean más valorados en los mercados internacionales, y el abastecimiento nacional de esos cortes se haga con productos importado. Pollo y pavo se exporta el 30% y 41% respectivamente. En tanto la carne de cerdo se destina mayoritariamente para la exportación un 69%.

En el caso de la carne bovina somos deficitarios, y se importa aproximadamente el 50% del consumo nacional. Sin embargo, también hay oportunidades de exportación interesantes, especialmente en los mercados asiáticos, exportándose el 15%.

Parte de las existencias de ganado bovino, se destina a la industria láctea. Chile tiene una moderna lechería, que cuenta con más de 4.500 productores comerciales, especialmente concentrados en las regiones de Los Ríos y Los Lagos. El país dispone de 1 millón de hectáreas de praderas y más de 580 mil

vacas lecheras, junto con 31 grandes plantas lecheras y casi una centena de queseras de tamaño medio y pequeño. La producción de leche al año 2021 alcanza a 2.218 millones de litros y genera 370 mil toneladas de quesos y leches en polvo y otros derivados.

Respecto a la demanda energética del sector, lo que constituye un elemento relevante a considerar en el contexto de los esfuerzos para transitar a sistemas agroalimentarios más sustentables y bajos en emisiones; vemos que de acuerdo con el estudio del Escenario Energético del Sector Agroalimentario, desarrollo en el marco del proyecto *Smart Energy Concepts* de CAMCHAL y AChEE<sup>9</sup> se estimó que la principal fuente de energía es a base de combustibles, representando el 68% del consumo, mientras que la fuente eléctrica alcanza el 32%. El sector agroalimentario<sup>10</sup> desarrolla una diversidad de procesos productivos que requieren de energía para la obtención el producto final, y que se pueden agrupar en tres: Procesos mecánicos, procesos de frío y procesos de calor.

Los combustibles más utilizados son GLP (36%), Diesel (35%), Petróleo (12%), luego siguen gas natural, carbón, pellets y otros. El estudio plantea que se pueden aplicar una serie de medidas para alcanzar ganancias en eficiencia energética, principalmente asociadas al uso de combustible (64% del potencial de ahorro energético) enfocado en los procesos de generación y distribución de calor.

En relación al uso del agua, el sector agrícola concentra el mayor consumo de agua en el país, concentrando aproximadamente un 73% del recurso que permiten regar 902.158 hectáreas (Odepa, 2023<sup>11</sup>). Al mismo tiempo el estudio de Escenarios Hídricos 2030 (2018) señala que el sector agrícola de riego concentra el 35,5% de los derechos de agua consuntivos permanentes registrados en el Catastro Público de Aguas.

## 2.2 Descripción de las emisiones de GEI. Contexto nacional y sectorial

En 2020, el balance de GEI<sup>12</sup> de Chile contabilizó 55.825 kt CO<sub>2</sub>eq disminuyendo en un 4 % desde 2018. Los principales causantes de la tendencia del balance son las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles (contabilizadas en el sector Energía) y las absorciones de CO<sub>2</sub> de las tierras forestales (contabilizadas en el sector UTCUTS). La disminución del balance de 2020 respecto a los últimos años se debe a los efectos de las distintas medidas adoptadas durante la pandemia, como evidencia la baja en las emisiones del sector Energía que disminuye un 5% desde 2018, en particular las emisiones asociadas al transporte.

---

<sup>9</sup> CAMCHAL: Cámara Chileno-Alemana. AChEE: Agencia Chilena de Eficiencia Energética

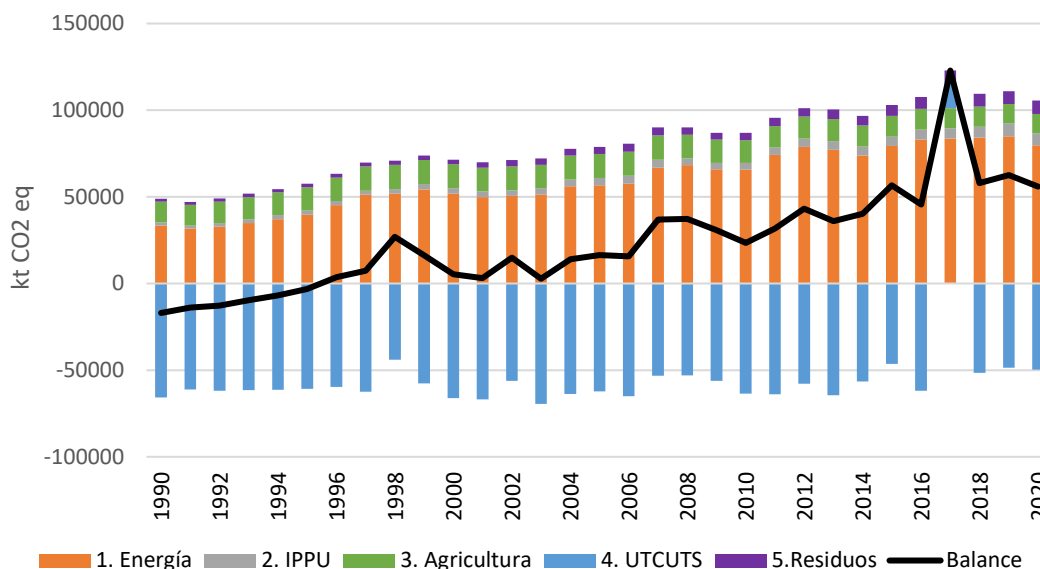
<sup>10</sup> Fueron analizados los sectores: agricultura (frutícola), ganadería (ganadería intensiva), acuícola, elaboración de fruta, elaboración de carnes, elaboración de conservas y congelados de pescado y moluscos, elaboración de lácteos y vitivinícola.

<sup>11</sup> Citando el VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, año agrícola 2020 – 2021.

<sup>12</sup> El término «balance de GEI» o «emisiones netas» se refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq). Este término incluye al sector UTCUTS en su totalidad.

Respecto a la participación de cada sector en el balance de GEI 2020 en términos absolutos<sup>13</sup>, el sector Energía representó un 51%, seguido del sector UTCUTS (-32%), el sector Agricultura (7%), el sector Residuos (5%), y por último el sector IPPU (Procesos Industriales y Uso de Productos) (7%).

Figura 2. Balance de GEI por sector, serie 1990-2020



Fuente: elaborado por ODEPA con información del INGEI de Chile 1990-2020

Los valores observados que escapan de la tendencia del balance de GEI (1998, 2002, 2007, 2012, 2015 y especialmente 2017) son consecuencia, en gran medida, de las emisiones generadas por incendios forestales (contabilizadas en el sector UTCUTS) y cambios en la participación de los principales energéticos consumidos en el país (diésel, gasolina, gas natural y carbón).

El dato que más escapa a la tendencia es el balance de 2017, año en que se alcanzaron 122.899 kt CO<sub>2</sub> eq, lo que corresponde a un incremento de 168% respecto al balance de 2016. Este incremento se debe a los grandes incendios que afectaron la zona centro y sur del país durante esa temporada, los que alcanzaron a afectar cerca de 570.000 ha de tierras forestales, cultivos y pastizales principalmente. Solo los incendios en tierras forestales de 2017 contabilizaron 68.223 kt CO<sub>2</sub> eq, lo que equivale a más de lo que emitieron en suma el transporte terrestre, la generación eléctrica y las industrias durante el mismo año.

Lo anterior da cuenta del rol absolutamente crítico que cumple el sector de bosques, no solo en términos de registro y contabilidad de las emisiones, sino que también, y aún más importante, en el papel que juega como una primera línea de defensa contra el cambio climático. Los recursos vegetacionales en su conjunto representan uno de los principales sumideros de carbono por su capacidad natural de capturar el dióxido de carbono y almacenarlo como parte de sus estructuras físicas. Además, contribuyen a la regulación del

<sup>13</sup> El término «absoluto» refiere a la magnitud del valor. Su finalidad es comparar las magnitudes entre emisiones y absorciones de GEI. En este sentido, los valores que correspondan a absorciones se acompañarán de un signo negativo para representar su calidad de sumidero.

régimen hídrico, mediante la interceptación de la precipitación y la regulación de la escorrentía; la conservación y protección de los suelos, especialmente la protección contra la erosión, y; la conservación de la biodiversidad. Por lo tanto, la degradación o eliminación de los bosques no solo incrementa las emisiones de GEI, sino que disminuye la calidad de vida de la población en todas sus dimensiones, haciéndola menos resiliente frente a la crisis climática.

Como se observa en la figura anterior, el sector UTCUTS, que incluye las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades silvícolas y al cambio de uso de la tierra, es el único sector que consistentemente absorbe CO<sub>2</sub> en el país, lo que lo convierte en el más relevante por su potencial de mitigación. En 2020, sus emisiones y absorciones alcanzaron las -49.727 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo su condición de sumidero en un 24 % desde 1990 y en un 4 % desde 2018. Las categorías de Tierras forestales y Productos de madera recolectada se mantienen como las más importantes del sector, especialmente por su calidad de sumidero.

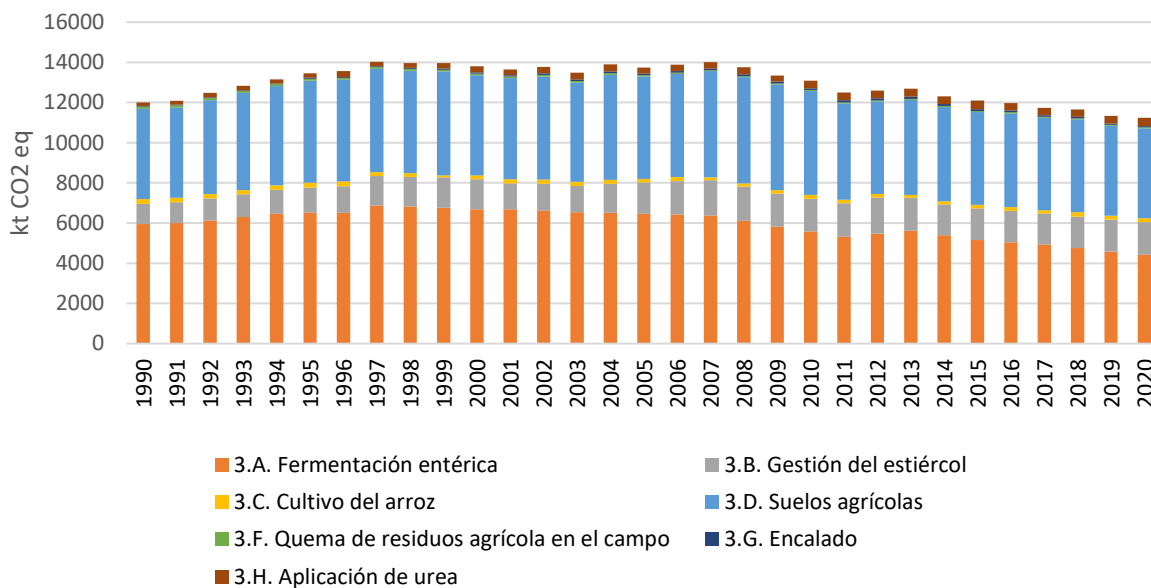
En el caso de las Tierras forestales, la tendencia a la disminución de la condición de sumidero desde 2018 a 2020, se debe principalmente al aumento de la superficie de incendios que se produjo en 2020 y a las emisiones de estos. También se observa una disminución en la conversión de tierras a tierras forestales. Además, por su importancia en el balance de UTCUTS, cualquier aumento o disminución de las emisiones o absorciones de esta categoría afecta significativamente a todo el sector, e incluso al balance general del Inventario.

El sector Agricultura incluye las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades agropecuarias de las tierras gestionadas en las que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Respecto al registro de las emisiones, el sector Agricultura se compone de las siguientes categorías:

- Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) producidas por la fermentación entérica en el ganado
- Las emisiones de CH<sub>4</sub> y Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) de los sistemas de gestión del estiércol
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionados con la utilización de fertilizantes inorgánicos
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> producido por el drenaje de suelos orgánicos gestionados
- Las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas
- Las emisiones de CH<sub>4</sub> del cultivo del arroz
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> por quemaduras de residuos agrícolas

En 2020, las emisiones del sector representaron un 7 % del balance de GEI en 2020. En el mismo año, sus emisiones alcanzaron las 11.238 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 6,4% desde 1990 y en un 3,6% desde 2018. La tendencia a la disminución se debe principalmente a la reducción de la población animal respecto de 1990, especialmente bovinos y ovinos. En términos absolutos, el sector agricultura es el segundo sector emisor representando el 10.6% de las emisiones brutas a nivel nacional para el año 2020. Por tipo de GEI, el sector es responsable del 0.5% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, 40% de las emisiones de CH<sub>4</sub> y 77% de las emisiones de N<sub>2</sub>O.

Figura 3. Sector Agricultura. Emisiones de GEI por categoría, serie 1990-2020



Fuente: elaborado por ODEPA con información del INGEI de Chile 1990-2020

Como se observa en la figura, las fuentes principales del sector son la fermentación entérica del ganado y la categoría suelos agrícolas, representando un 39% y 40% del total del sector respectivamente. Esta última categoría incluye emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O generadas desde la superficie de los suelos producto de procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno en forma de fertilizante sintético y orgánico; orina y de estiércol depositado por animales en pastoreo; residuos de cultivos; mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales; y el drenaje/gestión de suelos orgánicos.

El principal gas de efecto invernadero emitido por el sector fue el metano, representando un 53% del sector. Lo sigue el óxido nítrico con un 42% y el dióxido de carbono con un 4%. Como se observa, a diferencia de lo que ocurre en otros sectores productivos y a nivel nacional, el CO<sub>2</sub> no es el principal GEI del sector. Esta importancia relativa de los distintos gases da cuenta de las principales fuentes de generación, en donde el sector pecuario y el uso de fertilizantes se han mantenido como las principales categorías en el período evaluado.

A continuación, se detallan los principales elementos y evolución de las categorías principales del sector de acuerdo a la codificación del INGEI:

**3.A. Fermentación entérica:** Esta categoría incluye las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los animales. La categoría está conformada por las subcategorías siguientes:

- 3.A.1. Ganado bovino
- 3.A.2. Ovinos
- 3.A.3. Porcinos
- 3.A.4. Otras especies

La categoría 3.A Fermentación entérica es la segunda categoría en importancia del sector Agricultura, representando un 39,4% de las emisiones totales, aportando con un total de 4.426,1 KtCO<sub>2</sub>eq para el año 2020. La principal subcategoría que aporta más emisiones corresponde a las emisiones provenientes del 3.A.1 Ganado Bovino, aportando el 87% de las emisiones de la categoría (3.830,3 KtCO<sub>2</sub>eq), seguido por la subcategoría 3.A.2 Ovinos, contabilizando 294,5 ktCO<sub>2</sub>eq en 2020. Las fuentes de emisión de esta categoría provienen del ganado, principalmente de animales rumiantes que generan metano como subproducto de sus procesos digestivos.

**3.B Gestión del estiércol:** Esta categoría incluye las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (directas e indirectas) generadas por los sistemas de producción animal, en particular, la de los sistemas para el almacenamiento del estiércol. La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.B.1. Ganado bovino
- 3.B.2. Ovinos
- 3.B.3. Porcinos
- 3.B.4. Otras especies

Esta categoría es la tercera en importancia aportando el 14.5% de las emisiones totales del sector, contabilizando 1.627,5 ktCO<sub>2</sub>eq. La subcategoría en que se contabilizan mayores emisiones corresponde a las emisiones provenientes de 3.B.3 Porcinos, aportando el 68% de las emisiones de la categoría, con un total de 1.085.9 ktCO<sub>2</sub>eq, seguida por 3.B.1 Ganado bovino, con un 17% de las emisiones. Las fuentes de emisión de esta categoría provienen de los animales en que sus excretas se tratan bajo sistemas con almacenamiento de estiércol.

**3.C Cultivo de Arroz:** Esta categoría incluye emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por la descomposición anaeróbica de material orgánico en arrozales inundados, que se libera a la atmósfera fundamentalmente a través de burbujas en el agua y mediante el transporte a través de las plantas del arroz. Esta categoría es la quinta en importancia de emisiones, aportando un 1.6% de las emisiones totales del sector, equivalente a 192,4 ktCO<sub>2</sub>eq en 2020.

**3.D Suelos Agrícolas:** Esta categoría incluye emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O. Las emisiones (3.D.1) corresponden a aquellas generadas desde la superficie de los suelos producto de procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno por diversas fuentes. Las emisiones indirectas (3.D.2) corresponden a aquellas generadas por la volatilización de nitrógeno posterior a la aplicación de nitrógeno, y lixiviación y agotamiento de nitrógeno, mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales;

y el drenaje/gestión de suelos orgánicos (histosoles). Las componentes de ambas subcategorías corresponden a:

- 3.D.(1. a., 2.a.i, 2.b.i) Fertilizantes inorgánicos
- 3.D. (1. b, 2.a.ii, 2.b.ii) Fertilizantes orgánicos
- 3.D. (1.c, 2.a.iii, 2.b.iii). Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo
- 3.D. (1. d, 2.b.iv) Residuos de cosechas
- 3.D.1.f. Cultivos de suelos orgánicos (histosoles)
- 3.D.2.b.v. Mineralización asociada a la pérdida/ganancia de MO del suelo

La categoría 3.D Suelos Agrícolas es la categoría que más aporta emisiones del sector, con un total de 4.475,2 ktCO<sub>2</sub>eq en 2020, representando el 39.8% de las emisiones totales. Dentro de las subcategorías, la subcategoría que más aporta emisiones corresponde a las provenientes de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo con 1.983.2 KtCO<sub>2</sub>eq, que representan un 44% de las emisiones de la subcategoría (incluyendo emisiones de N<sub>2</sub>O directas e indirectas), seguido por las emisiones por aplicación de Fertilizantes inorgánicos que aportan 1.410.4 KtCO<sub>2</sub>eq, representando un 32% de la subcategoría.

**3.F Quema de residuos agrícolas en el campo:** Esta categoría incluye las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> generadas por la quema de residuos agrícolas en el campo. La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.F.1 Cereales y otros cultivos
- 3.F2 Frutícolas

Esta categoría es la séptima en nivel de importancia, representando el 0.4% de las emisiones totales para el sector, contabilizando 45.7 ktCO<sub>2</sub>eq

**3.G Encalado:** Corresponde a las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el uso de calcita y dolomita en los suelos agrícolas, así como en suelos de bosques gestionados o lagos, ya que la cal al disolverse libera bicarbonato (2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), que se convierte en CO<sub>2</sub> y agua (H<sub>2</sub>O). La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.G.1: Caliza
- 3.G2: Dolomita

Esta categoría es la sexta en nivel de importancia, representando el 0.6% de las emisiones totales para el sector, contabilizando 67.6 ktCO<sub>2</sub>eq.

**3.H Aplicación de Urea:** Corresponden a las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generan producto de la aplicación de urea a los suelos cultivados. Esta categoría corresponde a la cuarta categoría en importancia de emisiones, representando un 3.6% de las emisiones totales, aportando 403.3 kt CO<sub>2</sub>eq.

Además de las categorías propias del sector agricultura, al Ministerio se les han asignado en su presupuesto sectorial de emisiones las subcategorías 1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco y 1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías.

**1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco:** Incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en la industria de producción de azúcar. Para el último año del INGEI se reportaron 198.8 ktCO<sub>2</sub>eq, representando 1.3% de las emisiones de la subcategoría 1.A.2 Industrias Manufactureras y de la construcción. Al considerar esta categoría en las emisiones asignadas al Ministerio de Agricultura, representan el 1.6% del total de emisiones asignadas para el año 2020.

**1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías:** Aquellas emisiones asociadas a las quemas de combustible para uso energético incluyendo en bombas, secado de granos, maquinaria y pesca estacionaria y móvil. Las emisiones de esta categoría reportaron 800.8 ktCO<sub>2</sub>eq en 2020, representando 10.8% de las emisiones de la subcategoría 1.A.4 Otros sectores. Considerando las categorías asignadas al Ministerio de Agricultura, esta categoría representa 6.5% del total de emisiones.

### 2.3 Actividades clave que determinan la tendencia de emisiones

En el sector agricultura, existen tres actividades claves, a los cuales se les atribuye aproximadamente un 80% de las emisiones para el año 2020, siendo estas el ganado bovino, ganado porcino y el uso de fertilizantes inorgánicos, representando aproximadamente un 57%, 13% y 12% de las emisiones totales del sector respectivamente. En la siguiente sección se detallan aquellos factores y variables que permiten comprender la tendencia de los GEI, como el crecimiento de ciertas actividades productivas y los impulsores que subyacen dichas actividades.

#### Ganado Bovino

Al desagregar las emisiones del sector por tipo de fuente, el ganado bovino, emite aproximadamente un 50% de las emisiones del sector al considerar las emisiones de 3.A.1 Fermentación Entérica, 3.B.1 Sistemas de Gestión del Estiércol y las emisiones de N<sub>2</sub>O de 3.D Suelos Agrícolas, por orina y estiércol depositado por animales de pastoreo.

Si bien se observa que la tendencia de la masa ganadera ha ido a la baja, el consumo de carne ha ido en aumento, con una tasa de crecimiento anual de 1.2% alcanzando el 2017 un consumo aparente<sup>14</sup> de 26.7kg carne bovina/per cápita (Cofré, 2019), y se espera que este siga en aumento debido a un crecimiento esperando en los ingresos y de la población. El crecimiento económico es un impulsor relevante del consumo de carne, donde existe una correlación entre el aumento del PIB per cápita y un aumento del consumo de proteína animal (OECD & FAO, 2021), donde por cada 650 USD per cápita de aumento, se observa un incremento de 1.5% del consumo de carne (basado en estimaciones del periodo 2000-2019) (Whitton et al., 2021).

Respecto a la producción y consumo de carne de vacuno, aproximadamente un 50% del consumo es de producción nacional, y un 8% de la producción nacional se exporta (promedio de los últimos 5 años 2017-2022), es decir de producción nacional se destina casi en su totalidad al consumo interno (92%). Según informe Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de vacuno de un 0.55% anual (OECD & FAO, 2021). Sin embargo, el aumento de la demanda en los últimos años no refleja un aumento de la producción nacional.

Dentro de los principales desafíos que presenta la industria de la carne bovina a nivel de cadena de producción, se destaca la necesidad de mejorar la comunicación y coordinación entre los eslabones de la

---

<sup>14</sup> Consumo aparente = (Producción - exportación + importación) / población



cadena y la necesidad de implementar en forma masiva la utilización de tecnologías de gestión y de eficiencia productiva, especialmente en el eslabón de productores de animales (Larraín et al., 2018).

En el caso de la industria láctea a nivel mundial, solo un 7% de la producción de leche se comercializa a nivel internacional, por lo que los productores y consumidores se ven afectados principalmente por la evolución del mercado nacional. Se espera que los precios locales de productos lácteos sigan la tendencia general de la dinámica de costos marginales reales de producción, esto implica un grado significativo de variabilidad causada por efectos meteorológicos estacionales y condiciones de mercado local (OECD & FAO, 2021). La producción nacional se concentra en leche fluida, abasteciendo casi en un 100% al consumo nacional, y solo un 2% del consumo nacional es importado. En Chile, las exportaciones de productos lácteos alcanzan valores menores que las importaciones, tendencia que se ha mantenido durante los últimos 5 años (Cruz, 2021). Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de leche 0.75% anual al 2031, pero proyecta una disminución de las cabezas de ganado lechero, lo que supone un desafío de aumento en los rendimientos del sector (OECD & FAO, 2021).

### **Ganado Porcino**

El ganado porcino se le atribuyen aproximadamente un 12.3% de las emisiones sectoriales, al sumar las emisiones provenientes de la categoría 3.A Fermentación Entérica, 3.B, Gestión del Estiércol, y 3.D Suelos Agrícolas en la subcategoría Fertilizantes orgánicos (se asume que parte del estiércol excretado en los sistemas de confinamiento se aplican posteriormente como sustrato en suelos).

A nivel global, la producción de carne de cerdo se ha duplicado en las últimas tres décadas y se proyecta que su demanda aumente 32% al 2030. En Chile, esta realidad no ha sido ajena, y las existencias de cerdos se triplicó desde 1990 a 2007 (Ministerio del Medio Ambiente, 2023), pasando de aproximadamente 1 millones de cabezas a 3, en menos de 17 años. Sin embargo, esta tendencia se ha mantenido relativamente estable durante los últimos 10 años (Acuña & Pizarro, 2019). Chile ha aumentado sus exportaciones en volumen en 4217% entre el año 2000 y 2018, llegando a posicionarse dentro de los cinco mayores exportadores de carne de cerdo a nivel mundial (Acuña & Pizarro, 2019).

La industria porcina en Chile se caracteriza por ser fuertemente intensiva, con altos niveles de tecnología integrada en pocos eslabones de la cadena y concentrada en pocos actores, y enfocada principalmente en la exportación. Entre los desafíos que presenta la industria, destacan los temas ambientales y la relación con las comunidades aledañas a los sistemas de producción. La norma de olores a puesto una fuerte presión sobre la industria para mejorar sus procesos de tratamiento de residuos. En 2021, 80% de la industria contó con tratamientos secundarios avanzados, y el 20% restante cuenta con tratamientos primarios de sus residuos (ChileCarne, 2023), estos avances tecnológicos le han permitido a la industria avanzar en un desarrollo con menores emisiones. Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de cerdo 0.21% anual al 2031(OECD & FAO, 2021).

### **Fertilizantes inorgánicos (aplicación de nitrógeno).**

La evidencia de la literatura indica que la emisión de óxido nitroso desde suelos agrícolas está exponencialmente relacionada con la dosis de fertilización nitrogenada utilizada, cuando ésta excede la

requerida para el óptimo económico. Por lo tanto, cualquier estrategia dirigida a mitigar la generación de este GEI desde suelos agrícolas debe focalizarse en mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno. De lo anterior se deriva que la utilización de dosis de nitrógeno racionales es la más relevante, simple, económica y sostenible recomendación para contribuir a reducir la emisión de N<sub>2</sub>O desde suelos agrícolas (Villena et al., 2022).

Chile se encuentra dentro de primer quintil de países con mayor exceso de uso de fertilizante por hectárea de cultivo (West et al., 2014), esto quiere decir que existe una diferencia entre los aportes de nutrientes y la cantidad cosechada en material de cultivo. Tendencialmente, el input que se utiliza en la agricultura en Chile ha incrementado considerablemente, pero la eficiencia en su uso ha disminuido de manera importante. En consecuencia, la pérdida de nitrógeno al ambiente ha sido cada vez más alta (Zhang et al., 2015).

De acuerdo con el modelo de los límites planetarios, que establece los límites de ciertos procesos para mantener la estabilidad de la tierra, Chile debiera reducir en un 75% la cantidad de nitrógeno que se aplica a través de fertilizantes. Si bien la superficie de tierras agrícolas se ha mantenido relativamente estable durante las últimas décadas, la tendencia de consumo de fertilizante en Chile ha ido en aumento.

A pesar de la pequeña superficie de suelos agrícolas respecto a la superficie total del país, se aplican altas cantidades de fertilizantes inorgánicos y debido a esto, los suelos agrícolas se consideran como un área de flujos elevados de emisiones al ambiente. Como se mencionó anteriormente los suelos agrícolas son el segundo rubro en emisiones de GEI en la agricultura del país y así mismo se relacionan con el exceso de nutrientes en el agua superficial. Los suelos agrícolas en Chile representan casi el 10% de la superficie del suelo, concentrándose en la zona Centro de Chile (INE, 2007).

El uso de fertilizantes incluyendo N, P y K, en cultivos temporales y permanentes de Chile aumentó de 246 a 343 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> entre 2002 y 2007, presentándose el mayor nivel de aplicación de fertilizantes en las últimas décadas en el año 2008, con cerca de 850.000 toneladas aplicadas. Posteriormente el total aplicado ha disminuido y se ha situado en torno a las 350.000 toneladas por año.

En cuanto a los sistemas agrícolas que muestran mayores pérdidas de nutrientes se encuentran los pastizales mejorados, los cereales y los frutales. Aproximadamente el 52% de la superficie de suelo productivo en Chile corresponde a pastizales naturales y mejorados y cereales. En éstos últimos, las altas tasas de precipitación de la zona sur (1500-5000 mm/año) producen notables pérdidas de nutrientes en el suelo por lixiviación.

Por otro lado, los sistemas de agricultura intensiva para la producción de cereales en el sur de Chile también se han identificado como problemáticos pues aplican altas tasas de fertilización, lo que conduce a altos costos de producción e implica un riesgo de efectos adversos en los ecosistemas (Huygens et al 2011). No es de extrañar entonces que la contaminación de los sistemas hidrológicos mediante nutrientes, principalmente nitrogenados, sea una problemática vigente en el sur del país relacionadas con la generación de “floraciones algales” o eutrofización y la disminución de la biodiversidad acuática.

#### 2.4 Ámbito de acción habilitante

La LMCC en su artículo 2 define el presupuesto sectorial de emisiones de gases efecto invernadero como la cantidad máxima de emisiones de gases de efecto invernadero acumulada a nivel sectorial en un

periodo determinado y que representa la suma de las emisiones totales de dichos gases en cada año comprendido en el periodo respectivo, según lo determine la ECLP.

En la ECLP se detalla la asignación de presupuestos sectoriales, y la designación de la autoridad involucrada en los esfuerzos de mitigación, además contempla la capacidad de mitigación en el escenario de carbono neutralidad a través de las medidas de mitigación potenciales a ser implementadas. Si bien estas medidas son indicativas, definen la capacidad de mitigación de los sectores.

Respecto a las asignaciones de los esfuerzos de mitigación, el grado de responsabilidad, se cuantifica entre 1 a 4, siendo 4 un valor para institución líder y de 1 a 3 para instituciones involucradas, donde 1 es el menor grado de involucramiento. El Ministerio de Agricultura se le asignan las siguientes medidas:

- Líder (grado de responsabilidad 4):
  1. Asistencia Técnica al uso eficiente de fertilizantes
  2. Biodigestores de Purines Porcinos
- Involucrado (2):
  1. Usos lodos plantas tratamientos aguas servidas, bioestabilizador forestal

La medida 1. Asistencia Técnica al uso eficiente de fertilizantes, impactaría de manera directa a la subcategoría 3.D.1 Emisiones directas de N<sub>2</sub>O en su componente 3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos, subcategoría 3.D.2 Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O, en sus componentes a.i, y b.i., afectando a los datos de actividad de esta categoría, que específicamente corresponde al consumo aparente de urea a nivel nacional.

La medida 2. Biodigestores de Purines Porcinos, reduciría las emisiones de la categoría 3.B. Gestión del Estiércol, subcategoría 3. Porcinos, por reducción de emisiones de metano liberadas a la atmósfera dado la implementación de este tipo de sistema de tratamientos que captura el metano liberado a la atmósfera a través de cubiertas que permiten su captación.

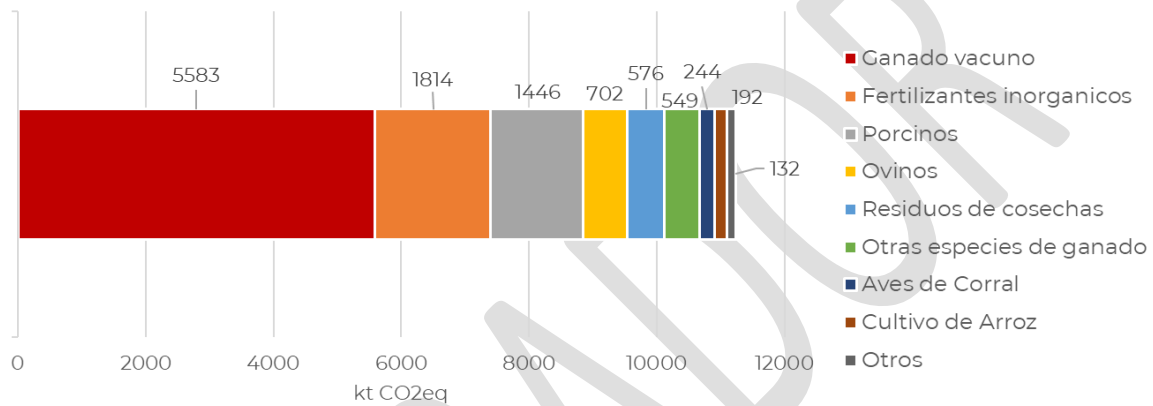
La medida 3. Usos lodos plantas tratamientos aguas servidas, bioestabilizador forestal; permite reducir emisiones de la categoría del sector residuos, 5.A Disposición de residuos sólidos. Si bien esta medida de mitigación agregaría emisiones al Sector Agricultura, el balance neto de emisiones a nivel nacional disminuye. Las emisiones asociadas a la disposición de lodos en los Sistemas de Disposición de Residuos Sólidos agregan materia orgánica aumentando la generación de metano. A partir del año 2010 existe el Decreto N°4, Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas, para aplicación a suelos agrícolas y forestales. Al aplicar los lodos como bioestabilizador forestal, dentro de la categoría 3.D Suelos Agrícolas, subcategoría Fertilizantes orgánicos, se empieza a contabilizar la aplicación de lodos como fertilizante, emitiendo emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O.

## 2.5 Análisis de tendencias del sector

Ya se describió anteriormente el perfil de emisiones de acuerdo a las distintas categorías sectoriales, lo que permite entender en términos generales el comportamiento de las categorías sectoriales en cuanto a su contribución de GEI en el contexto del inventario. Por otro lado, una forma útil de visualizar la

dinámica del sector es desagregar las emisiones por tipo de fuente tal como se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**4. Al desagregar las emisiones por tipo de fuente, en orden de importancia, vemos que donde se contabiliza mayor emisión es el Ganado Bovino (50%), seguido por fertilizantes inorgánicos (urea) (16%), y en tercer lugar el ganado porcino (13%). Estas tres fuentes aportan casi el 80% de las emisiones del sector.

Figura 4. Emisiones por tipo de fuente del sector agricultura para el año 2020



Fuente: Estudio “Diagnóstico sectorial, acciones de reducción y remoción de emisiones de gases de efecto invernadero y medios de implementación del plan sectorial de mitigación sector agricultura” Centro de Cambio Global UC, 2023

El ganado bovino emitió 5.583 kt CO<sub>2</sub>eq para el año 2020, aportando un 5,2% de las emisiones totales a nivel nacional. De estas emisiones un 70% corresponde a emisiones de metano de la Categoría 3.A Fermentación Entérica, un 26% a emisiones de N<sub>2</sub>O de la Categoría 3.D Suelos Agrícolas y un 5% de 3.B Gestión del estiércol.

Las emisiones provenientes de la fuente fertilizantes inorgánicos fue la segunda categoría de mayor importancia para el sector, emitiendo 1.814 kt CO<sub>2</sub>eq para el año 2020. De estas, un 80% corresponden a emisiones de N<sub>2</sub>O de la categoría 3.D Suelos Agrícolas y un 20% de la categoría 3.H Aplicación de urea.

La tercera fuente de emisión de mayor relevancia para el sector agricultura corresponde a la fuente Ganado Porcino, emitiendo 1446 kt CO<sub>2</sub>eq el año 2020. De estas emisiones, un 79% corresponden a emisiones de la categoría 3.B Manejo de Estiércol, un 13% de la categoría 3.D Suelos Agrícolas y un 8% a 3.A Fermentación entérica.

Para el sector agricultura, los factores que influyen las fuentes de emisión principales están asociados a múltiples variables y no responden de forma única a un solo factor. Ya que las emisiones se asocian de manera significativa al stock de ganado, a continuación, se discute su tendencia y perspectivas futuras.

Los factores que determinan los stocks de ganado bovino responden a diversos factores, sin embargo, uno de los factores claves se asocia a mejoras en la competitividad de la industria la carne en Chile (Larraín

et al., 2018) y se relaciona de manera indirecta con el consumo de carne bovina. El consumo de carne ha aumentado a una tasa de 1.2% anual entre el 2002 y 2017, y el stock de ganado bovino entre esos mismos años ha disminuido a una tasa anual de 2.4%.

Chile no se caracteriza por ser un país ganadero, es decir, cuenta con existencias y producción limitada, y su desarrollo futuro en el contexto de una economía globalizada dependerá de su capacidad para exportar y de la evolución en las importaciones provenientes de países de la región. Si bien en los últimos 10 años no ha habido un incremento de la producción nacional de carne de vacuno, la tendencia de exportación ha ido en aumento. Según el informe Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de vacuno de un 0.55% anual (OECD & FAO, 2021).

Para el caso de la industria de carne porcina, si bien la producción se ha mantenido relativamente estable durante los últimos años, Chile se ha posicionado como uno de los mayores exportadores a nivel mundial, aumentando sus exportaciones totales. Este aumento de las exportaciones ha dado espacio a un crecimiento de las importaciones para cubrir la demanda interna. Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de cerdo 0.21% anual al 2031, llegando a una producción de 622 toneladas al 2031.

### **2.5.1 Tendencia histórica y esperada de las emisiones**

Las emisiones del sector agricultura han disminuido en un 6,4% desde 1990 y un 3,6% desde el 2018 en comparación con las emisiones de 2020. Esto se debe principalmente a una reducción del ganado bovino en las categorías “Otros Bovinos”, con una reducción de emisiones de 34% desde 1990, y el ganado ovino, con una reducción de 51%.

Las categorías que han presentado un mayor aumento respecto al periodo 1990 - 2020, corresponde a las emisiones de Ganado Porcino, con un aumento del 144%, pasando de 470 a 1144 kt CO<sub>2</sub>eq, esto debido a un fuerte aumento del ganado porcino producto del desarrollo de la industria. Sin embargo, en los últimos 5 años, las emisiones han aumentado tan solo un 1.2%.

A este aumento le sigue la fuente Fertilizantes inorgánicos, con un aumento del 73% para el mismo periodo, y un 13.3% en los últimos 5 años. Este aumento se debe principalmente a un aumento de la intensidad de uso de fertilizantes.

Al analizar las tendencias de los últimos 5 años, las emisiones totales del sector han disminuido un 7.2%, debido principalmente por una disminución del ganado no lechero. Esta categoría tuvo una tasa de decrecimiento anual de 5.2%. Las fuentes de emisión que aumentaron en los últimos 5 años son las emisiones provenientes del ganado lechero, con una tasa de crecimiento anual promedio de 4.3%, y las emisiones de Fertilizantes orgánicos, con una tasa de crecimiento anual de un 2.53%. Otra categoría menos relevante que han aumentado sus emisiones, son las emisiones provenientes del Cultivo de arroz, aumentando un 11% en los últimos 5 años, con una tasa de crecimiento anual de 2.2%.

Para la proyección futura, se consideraron las tendencias de las principales fuentes de emisión del último periodo. En esta tendencia, disminuyen levemente en un 3% las cabezas de ganado bovino al 2030 en comparación a valores del año 2020, esto está en línea con la tendencia de los últimos años, basado en las proyecciones del Sistema Nacional de Prospectiva (SNP) del Ministerio del Medio Ambiente.

Se prevé un aumento de alrededor de 9% de las cabezas de ganado porcino hacia el 2030. A nivel nacional, las cabezas de ganado se triplicaron entre 1990 y 2007, sin embargo, durante los últimos 10 años se han mantenido estables. En Chile, esta industria está focalizada en la exportación y se espera que la demanda a nivel mundial aumente un 32% al 2031. El informe Perspectivas Agrícolas 2022-2031 (OECD & FAO, 2022) anticipa un aumento de la producción nacional en los próximos años.

Para la demanda de fertilizantes inorgánicos se consideró un modelo de dosis de nitrógeno asociado al uso de suelo por tipo de cultivo. Se proyectó la superficie de cultivos en base a la proyección histórica 1990-2020, según la base de datos de INGEI 2020 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021) hasta el 2030, y luego constante hasta el 2050. La utilización de fertilizantes inorgánicos se prevé un aumento hacia el 2030 de 9% en comparación con los niveles de utilización del año 2020.

## 2.6 Medidas previas con impacto en las emisiones futuras

En las emisiones que son asignadas y de responsabilidad del Ministerio de Agricultura en lo que respecta al presupuesto de carbono, no existen medidas previas que se hayan implementado previo al desarrollo del Plan Sectorial de Mitigación, por lo que la estimación de emisiones futuras no se vería afectada.

Sin embargo, existen algunos compromisos previos que se debieran considerar para los ejercicios prospectivos futuros para alcanzar el presupuesto de emisiones asignados a la autoridad sectorial. Los compromisos previos han sido declarados en la ECLP.

La ECLP define los lineamientos generales de largo plazo que seguirá el país de manera transversal e integrada, estableciendo cómo Chile logrará el cumplimiento del objeto de la Ley Marco de Cambio Climático, siendo la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) la meta intermedia en este camino.

En su sección “Contribuciones Sectoriales y Componentes de Integración” (Capítulo 5), la ECLP presenta la visión de largo plazo concebida para las transformaciones necesarias para avanzar hacia la carbono neutralidad y de resiliencia al cambio climático, especificando los objetivos y metas de mediano y largo plazo que comprometen para el proceso de transición nacional y describiendo los principales instrumentos e instituciones involucradas (Sectores).

En ese contexto, el Sector Silvoagropecuario ha definido 9 objetivos para avanzar en dicha transición. En lo que respecta a medidas de mitigación específicas, se destacan las siguientes:

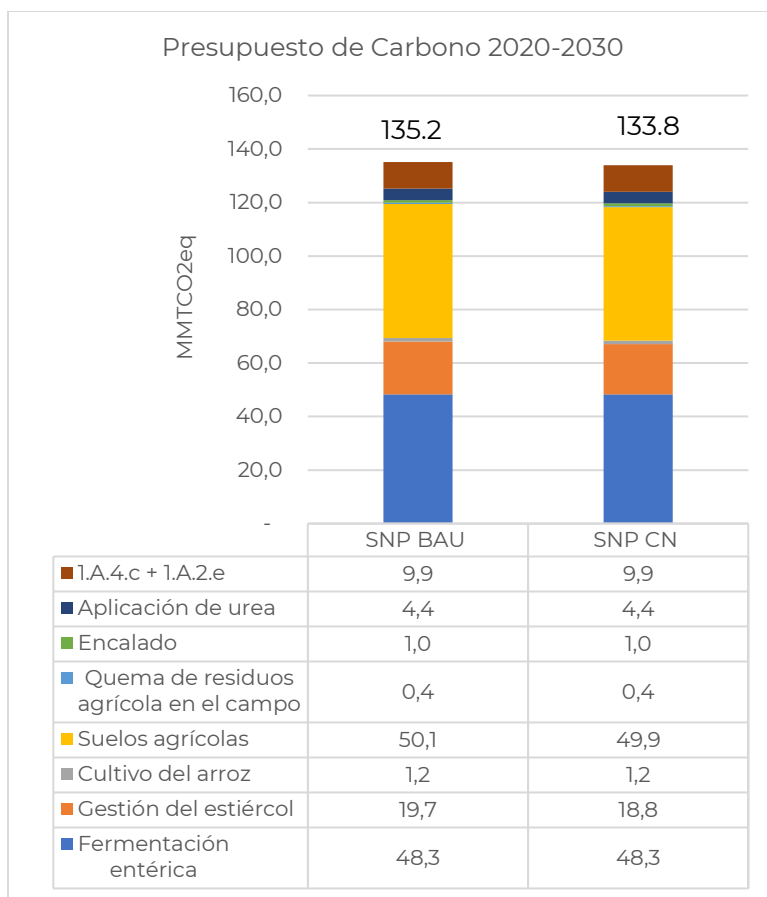
- Al 2025:
  - Contar con un plan nacional de uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.
  - Contar con un 75% de los purines de cerdos con tratamientos de abatimiento para emisiones de GEI (Planta de lodos activados, biodigestores y/o biofiltros).
  - Contar con estándares de sustentabilidad para los sectores avícola, porcino y lechero, que incorporen requerimientos relacionados a la acción climática. Y contar con una propuesta de 3 nuevos subsectores para elaborar sus estándares.
  - Incorporar prácticas que aporten a mitigar los impactos del cambio climático en programas para el mejoramiento agroambiental de los suelos.
  - Contar con un plan de prevención y reducción de las Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA), que considere medidas para la reducción de emisiones.

- Evaluar distintas estrategias productivas enfocadas en la mitigación del cambio climático, como la agricultura regenerativa, orgánica, biodinámica, agroforestería, agroecología, entre otras.
  - Elaborar una hoja de ruta para la carbono neutralidad en la ganadería bovina.
- Al 2030:
    - Evaluar los resultados de la implementación del Plan de uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.
    - Aumentar en al menos un 30% la cantidad de biodigestores instalados en el sector porcino respecto del 2021.
    - Evaluar los resultados de la implementación los estándares de sustentabilidad en los primeros 3 subsectores, y desarrollar estándares en 3 subsectores adicionales.
    - Incorporar a través de las políticas y programas del MINAGRI, los manejos productivos que mejor se adapten y mitiguen el cambio climático

## 2.7 Estado del presupuesto sectorial

De acuerdo a la proyección de emisiones para un escenario tendencial, el presupuesto de carbono no se alcanzaría (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5**), sumando un total de 135.2 Mt CO<sub>2</sub>eq, requiriendo un esfuerzo de mitigación de aproximadamente 1.4 Mt CO<sub>2</sub>eq para el periodo, para alcanzar su presupuesto de emisiones.

Figura 5. Presupuesto para el periodo 2020-2030, considerando escenario tendencial y con medidas modeladas en escenario de carbono neutralidad



\*SNP: Sistema Nacional de Prospectiva; BAU: Business As Usual

El sector Agricultura no tiene medidas previas implementadas o en implementación. Las metas establecidas en la ECLP comienzan a implementarse desde el año 2025, por lo que la implementación del “Plan de Mitigación Sectorial” es clave para avanzar en la reducción de emisiones y lograr la meta de presupuesto de carbono asignado al Ministerio de Agricultura.

### III. Capítulo 3.- Medidas de mitigación

De acuerdo con el artículo 8 de la Ley Marco de Cambio Climático, los Planes Sectoriales de Mitigación deberán establecer el conjunto de acciones y medidas para reducir o absorber GEI de manera de no sobrepasar el presupuesto sectorial de emisiones asignado a cada autoridad sectorial en la Estrategia Climática de Largo Plazo.

El proceso de caracterización y evaluación de las medidas de mitigación consta de una serie de actividades sucesivas que culminan con la consolidación de los resultados de las distintas fases del proceso, la selección de medidas sectoriales, y a su presentación y análisis descriptivo. A continuación, se describen de forma simplificada las actividades clave del proceso de caracterización e identificación de las medidas de mitigación propuestas.



### 3.1 Levantamiento de medidas de mitigación

Durante el proceso de elaboración de la ECLP y NDC de Chile del 2020, se evaluaron medidas sectoriales sobre (1) Asistencia técnica al uso eficiente de fertilizantes y (2) Biodigestores de purines porcinos. Estas medidas fueron caracterizadas en mayor profundidad en el ejercicio actual de elaboración del PSM. Además, se han considerado aquellas medidas que han sido preevaluadas en ejercicios del Sistema Nacional de Prospectiva (SNP) del Ministerio del Medio Ambiente, y en el proceso de fortalecimiento de la NDC de Chile realizado en 2022 enfocado en medidas relativas a reducir emisiones de metano en los sectores de Energía, Agricultura y Residuos.

Por otro lado, se han levantado antecedentes de estudios previos nacionales e internacionales en el cual se han caracterizado medidas de mitigación y que han considerado procesos participativos y validaciones para el levantamiento de medidas y la construcción de escenarios de mitigación para el sector agricultura.

Considerando los antecedentes mencionados anteriormente, se realizaron dos estudios dirigidos específicamente a caracterizar y evaluar en mayor profundidad medidas de mitigación y medidas de medios de implementación en el contexto actual: (1) Evaluación de escenarios de mitigación de GEI sector agricultura y bosques de Chile; costos, beneficios y co-beneficios (SSG-BID, 2023); y (2) Diagnóstico sectorial, determinación de medidas adicionales, medios de implementación y participación ciudadana (CCG-UC, 2023).

Las categorías identificadas como principales emisoras GEI son fermentación entérica y suelos agrícolas con un 80% de participación, seguida por gestión de estiércol con un 14,5%. Dada esta contribución relativa a las emisiones y en base a los antecedentes previos, el análisis se centró en alternativas que abordan las principales fuentes de gases sectoriales y que, al mismo tiempo, fueran coherentes con medidas definidas en instrumentos anteriores como la ECLP y el Sistema Nacional de Prospectiva del Ministerio del Medio Ambiente, y cuyo impacto pueda ser contabilizado en el presupuesto de emisiones asignado al sector agropecuario nacional.

En ese contexto, se realizaron en total seis talleres de trabajo con actores relevantes del sector público, privado, academia, consultoras, organismos internacionales y ONG's, para levantar información relevante respecto a las medidas de mitigación y medidas de medios de implementación. Para el caso del primer estudio se utilizó la metodología de Toma de Decisiones Robustas (RDM por sus siglas en inglés), en el cual los participantes apoyan la estructuración del marco de RDM mediante la definición de una matriz DAMI (Desempeños, Acciones, Modelos y Datos, e Incertidumbre).

El objetivo de la RDM es analizar las vulnerabilidades de políticas o estrategias existentes, para evaluar y generar recomendaciones de cómo robustecer las estrategias para cumplir objetivos de política pública. Este marco metodológico considera la definición de métricas de desempeño (D) bajo las cuales se evaluarán las estrategias, como reducción de emisiones de GEI o costos y beneficios asociados. Estas son evaluadas considerando modelos y datos (M) bajo las fuentes de incertidumbre (I), que son factores exógenos que impactan las métricas de desempeño, y simula el efecto de las acciones (A) que constituyen las estrategias de mitigación para el sector.

Producto del análisis de medidas previamente evaluadas, compromisos sectoriales en otros instrumentos de gestión al cambio climático, caracterización y tendencia de las principales fuentes de emisiones

sectoriales, talleres de trabajo con actores clave y desarrollo de análisis técnicos cuantitativos y cualitativos; se plantean las siguientes medidas de mitigación cuyo impacto puede ser contabilizado en el presupuesto de emisiones asignado al sector:

Tabla 2. Medidas de mitigación caracterizadas

Medida de mitigación	Descripción de la medida
Biodigestores de Purines Porcinos	Implementación de biodigestores para tratamiento de purines de planteles porcinos.
Uso eficiente del Fertilizante	Reducción en la intensidad del uso de fertilizantes para cereales, cultivos industriales y forrajeras
Biodigestores de Purines en Bovinos	Implementación de biodigestores para tratamiento de purines para ganado bovino en confinamiento.
Mejoramiento en dieta de ganado bovino para reducir emisiones de metano por fermentación entérica	Modificar alimentación del ganado bovino para reducir la metanogénesis, como lípidos, taninos, forrajes mejorados y aditivos comerciales
Reducción de quemas agrícolas	Reducción de la superficie bajo quemas agrícolas mediante manejos y usos alternativo de rastrojo en cereales.
Arroz bajo en metano	Potenciar y escalar sistemas de producción de arroz bajos en emisiones y uso de nuevas variedades, lo que implica una reducción del tiempo de inundación del cultivo asociado a una menor tasa de emisión de metano

Se estimó el potencial de emisiones evitadas a partir del potencial de mitigación de las medidas caracterizadas en base al contrafactual de un escenario sin medidas de mitigación. Para dicha evaluación se consideraron tasas de implementación plausibles desde el punto de vista técnico y discutidas en los talleres de trabajo.

Se describen los supuestos de implementación para cada una de las medidas en la siguiente tabla.

Tabla 3. Medidas y supuestos de implementación al 2030

Medida de mitigación	Tasa de implementación al 2030
Biodigestores de Purines Porcinos	El 42% de los purines del ganado porcino es tratado mediante Biodigestor.
Uso eficiente del Fertilizante	Reducción en un 10% en la intensidad de uso de fertilizante nitrogenado para cultivos cereales.

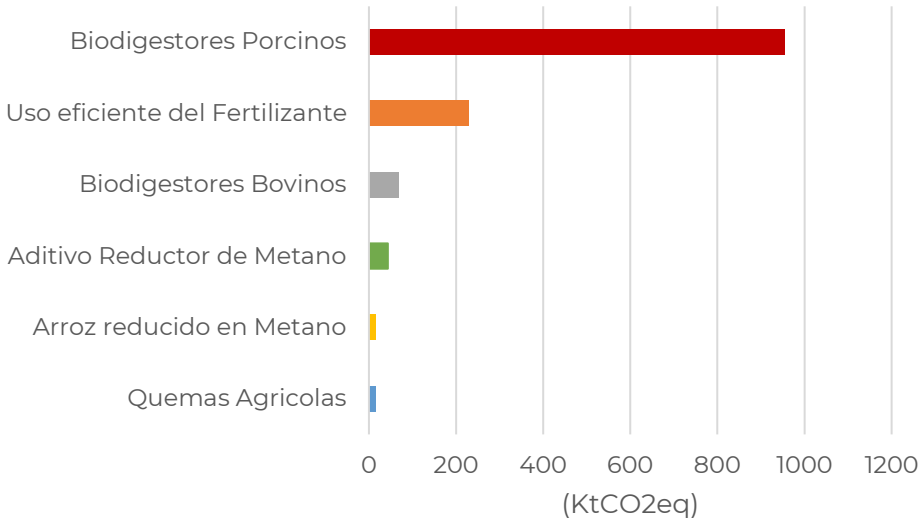
	Reducción en un 8% en la intensidad de uso de fertilizante nitrogenado para cultivos anuales y forrajeras.
Biodigestores de Purines en Bovinos	El 10% de los purines de ganado Bovino es tratado mediante biodigestores.
Mejoramiento dieta bovina reductor metano	El 10% de los bovinos en sistemas de confinamiento reciben mejoramiento de dieta para reducir metano.
Reducción de quemas Agrícolas	Reducción del 30% en la superficie destinada a quemas agrícolas mediante la implementación de manejos y usos alternativos del rastrojo en cultivos de cereales.
Arroz bajo en metano	El 10% de la superficie destinada al cultivo de arroz emplea sistemas de producción bajo en emisiones y/o variedades que requieren menor consumo hídrico.

Para cada una de las tasas de implementación de las medidas anteriores se consideró una tasa de incremento anual lineal, partiendo desde el año 2025, con una implementación del 1% para dicho año. Excepcionalmente se consideró que la implementación de biodigestores porcinos comienza a implementarse desde el año 2024, sobre el porcentaje de adopción tecnológica actual, que corresponde a un 23%.

Considerando las tasas de implementación de las medidas previamente descritas, se estima un potencial de mitigación de 1346 ktCO<sub>2</sub>eq para el periodo 2020-2030, de las cuales un 82% corresponden a reducción de emisiones de metano, un 13% a reducción de emisiones de óxido nitroso y un 4% a emisiones de dióxido de carbono.

Las medidas con el mayor potencial de reducción son la implementación de biodigestores porcinos y el uso eficiente de fertilizantes, los cuales representan el 89% de las reducciones totales estimadas.

Figura 6. Potencial de mitigación de medidas de mitigación caracterizadas



La medida de biodigestores porcinos evita la emisión de 953.6 ktCO<sub>2</sub>e. La medida que le sigue es el uso eficiente de fertilizantes, con una reducción potencial de 229.3 ktCO<sub>2</sub>e. En tercer lugar, encontramos los biodigestores bovinos, que contribuyen con una disminución de 68.2 ktCO<sub>2</sub>e. Posteriormente, el mejoramiento de dietas en ganado bovino para reducir metano evita la emisión de 43.4 ktCO<sub>2</sub>e. El arroz reducido en metano aporta una reducción de 15.5 ktCO<sub>2</sub>e. Finalmente, las quemadas agrícolas presentan un potencial de reducción de 14.8 ktCO<sub>2</sub>e. Se puede observar un resumen de los potenciales de mitigación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Potenciales de mitigación de las medidas caracterizadas

Medida	Potencial de Reducción (ktCO <sub>2</sub> e)
Biodigestores Porcinos	953.6
Uso eficiente del Fertilizante	229.3
Biodigestores Bovinos	68.2
Mejoramiento dietas bovinos	43.4
Arroz reducido en Metano	15.5
Quemadas agrícolas	14.8

### 3.2 Estimación de Costos y Curvas de Costo Marginal de Abatimiento (MAC) de las medidas propuestas

Se evaluaron los costos asociados a las acciones de mitigación caracterizadas, estimando el valor presente neto del costo de inversión (CAPEX) y de operación (OPEX) de cada una, desde el comienzo de su implementación, para el periodo 2020-2030. La tasa de descuento social fue del 6%. La tabla siguiente muestra los costos unitarios de cada acción.

Tabla 5. Costos unitarios para medidas evaluadas del sector agricultura

Acción	Costo unitario	Actividades consideradas
Biodigestores de tratamiento para purines porcinos	CAPEX:24,3 USD/cerdo OPEX: 2,3 USD/cerdo/año	Instalación de biodigestor de tratamiento de purines en planteles porcinos. Costo de operación, incluyendo ingresos por producción de biogás. (The Synergy Group SpA, 2019)
Biodigestores de purines en ganado bovino bajo confinamiento.	CAPEX:357,4 USD/vaca/año OPEX: -19 USD/vaca/año	Instalación de biodigestor de tratamiento de purines bovinos. Costo de operación, incluyendo ingresos por producción de biogás (Indap & GORE Los Ríos, 2016).
Aditivo reductor de metano en bovinos	CAPEX: N/A OPEX: 102 USD/vaca/año	Costo del aditivo por unidad de ganado. Considera 0.06gr de aditivo/kgMS/día, y el precio aditivo 24 USD el kg <sup>15</sup>
Uso eficiente del fertilizante (reducción en la intensidad de uso de fertilizantes inorgánicos, kgN/ha, en cultivos)	CAPEX: N/A OPEX: -749 USD/ton urea	Considera el ahorro en fertilizantes producto de no sobrefertilizar, considerando el precio promedio úrea 2023 <sup>16</sup> .
Arroz bajo en metano (cambio de variedad de arroz de menor consumo hídrico y baja producción de metano)	CAPEX: N/A OPEX: 658 USD/ha	Considera una pérdida del 8% de rendimiento por ha al cambiar a la variedad AWD. (FONTAGRO, 2022)
Reducción de quemadas agrícolas (gestión y utilización alternativa de rastrojos en cereales)	CAPEX: N/A OPEX: -56,9 USD/ha	Considera el ahorro de distintos fertilizantes que no se pierden producto de no quemar. (Ruiz,C., 2017)

Fuente: Menares et al., 2023 en base a The Synergy Group SpA (2019), Indap & GORE Los Ríos (2016), FONTAGRO (2022) y Ruiz,C. (2017).

Los beneficios en salud son derivados de la disminución de emisiones de contaminantes locales (material particulado fino y precursores y metano como precursor de ozono) y de la disminución de GEI.

<sup>15</sup> En base a los datos entregados por el productor.

<sup>16</sup> Reporte de precios de fertilizante de ODEPA: [https://apps.odepa.gob.cl/powerBI/reporte\\_fertilizantes.html](https://apps.odepa.gob.cl/powerBI/reporte_fertilizantes.html)

Tabla 6. Monetización beneficios considerados en el sector agricultura

Tipo beneficio	Beneficios considerados y monetización
Reducción de emisiones de NH3	0,11 USD/ton NH3
Reducción de emisiones de NOx	0,025 USD/ton NOx
Reducción de MP2,5	0,9 USD/ton MP
Reducción de emisiones de CH4 (como precursor de ozono)	2.657 USD/ton CH4
Costo social de emisión de Carbono	32,5 USD/ton CO2e

Fuentes: Artículo 8°, Ley 20780, 2020; Ministerio de Desarrollo Social, 2017; Ministerio del Medio Ambiente, 2019; UNEP & and Climate and Clean Air Coalition, 2021)

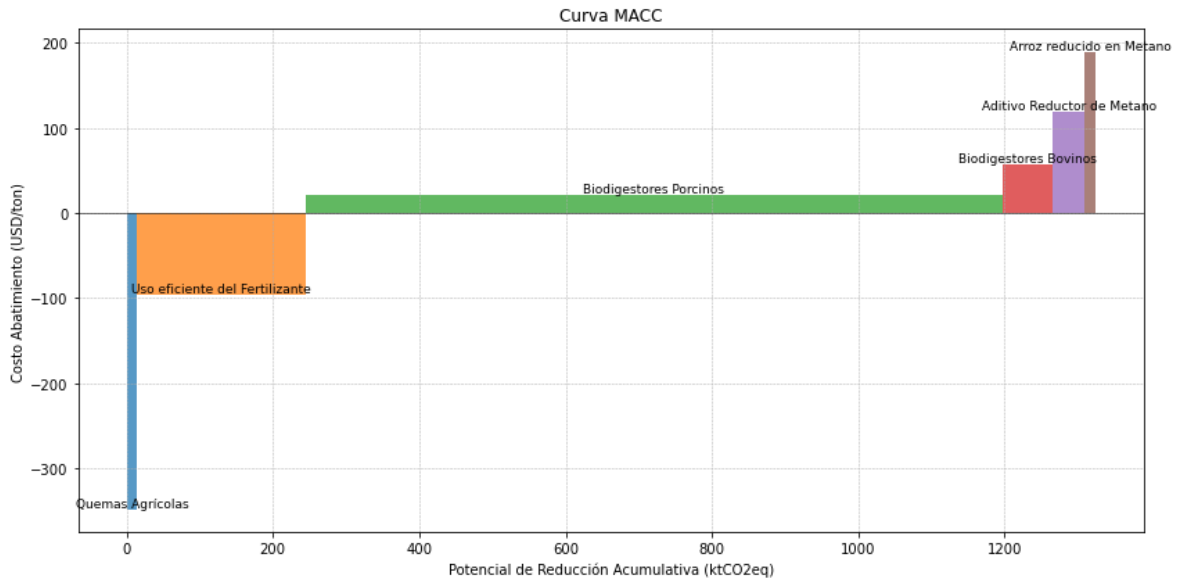
Considerando los costos unitarios por acción y los niveles de implementación indicados anteriormente, se obtuvieron los costos totales de implementación y los beneficios en salud y reducción de emisiones monetizadas para la estrategia de mitigación en la proyección de referencia.

Los costos de inversión por la implementación de las acciones en el período 2020-2030 alcanza US\$14,3 millones y los costos operativos totalizan US\$6,2 millones. El impacto monetizado por la reducción de contaminantes locales (NH3, NOx y MP2,5) alcanza los US\$19,4 millones. Los beneficios derivados de la disminución de metano se estiman en US\$116,8 millones y los correspondientes al dióxido de carbono suman US\$41,7 millones en el periodo 2020-2030. El beneficio neto de la Estrategia de mitigación es positivo, sumando US\$169,7 millones. Por lo tanto, aunque ciertas acciones conllevan un costo inicial significativo, generarían un beneficio social a través de la mejora de la salud de las personas y la reducción de gases de efecto invernadero.

La acción que tiene un mayor costo acumulado para el periodo 2020-2030, corresponde al aditivo reductor de metano en bovinos, con un costo neto de US\$39,7 millones. La acción que genera mayores ahorros es el uso eficiente de fertilizantes, con un ahorro total neto de US\$47 millones. El costo neto de la implementación de las acciones de mitigación es de US\$8,2 millones, con un costo medio de abatimiento de 4,8 USD/tonCO2eq y un potencial de reducción de 1,4 MtCOeq.

En la figura siguiente se presenta la Curva de Costos Marginales de Abatimiento para las medidas caracterizadas. En el eje horizontal se muestra el potencial de reducción acumulado a medida que se agregan las emisiones mientras que, en el eje vertical, se muestra el costo de abatimiento de cada medida.

Figura 7. Curva de Costos Marginales de Abatimiento para medidas caracterizadas



Fuente: Melo et al., 2023

### 3.3 Análisis de brechas institucionales, técnicas, legales y económicas

- Biodigestores porcinos

1. Brechas institucionales: es necesario generar un trabajo coordinado con el Ministerio de Medio Ambiente, ya que existen exigencias normativas que están produciendo cambios en la toma de decisión de los productores porcinos que podrían favorecer o perjudicar la medida.
2. Brechas técnicas: la instalación y operación de biodigestores requiere capacidades tecnológicas y mano de obra calificada que hoy no está disponible en los productores que podrían adoptar la medida.
3. Brechas legales: El Decreto Supremo N°9/2022 “Norma de emisión de contaminantes en Planteles porcinos que, en función de sus olores generan molestia y constituyen un riesgo a la calidad de vida de la población”, en vigencia desde el 6 de febrero de 2023, exige un tratamiento de los purines para el control de olores, que implica un control de emisiones. Es necesario establecer una coherencia entre la regulación vigente y la medida.
4. Se debe obtener una autorización del SEA y de SEC.
5. Brechas económicas: la instalación de biodigestores es una medida que deberá ser adoptada por pequeños y medianos productores que no cuentan con acceso a crédito ni una estructura financiera que les permita hacer las inversiones necesarias.

- Uso eficiente fertilizantes
  1. Brechas institucionales: No existe un organismo en el estado con competencia directa para incentivar el uso eficiente de fertilizante.
  2. Brechas técnicas: No hay claridad respecto del potencial exacto de la medida y en cultivos y perfiles de productores tiene mayor potencial y costo efectividad.
  3. Brechas legales: Podrían ser necesarias algunas normas para crea la institucionalidad que se haga cargo de un programa de promoción del uso eficiente de fertilizantes y para implementar una certificación
  4. Brechas económicas: Si bien se es espera que esta medida reduzca los costos de los agricultores, el esfuerzo financiero para lograr la adopción de estas prácticas puede ser significativo.
  
- Mejoramiento dietas ganado bovino
  1. Brechas institucionales: no se identifican brechas relevantes.
  2. Brechas técnicas: falta difusión de los productos de aditivos, sus efectos, y pruebas piloto a nivel nacional
  3. Brechas legales: no se identifican brechas relevantes.
  4. Brechas económicas: el uso de aditivos comerciales y otros mejoradores genera un mayor costo de producción y no se genera un aumento en ingresos ni eficiencia, por lo cual baja la rentabilidad.
  
- Biodigestores bovino
  1. Brechas institucionales: Se requiera coordinación con Ministerio de energía, ya que este tipo de tratamiento de estiércol genera energía.
  2. Brechas técnicas: hoy no existe este tipo de tratamiento de estiércol en el ganado bovino confinado, solo algunos casos pilotos. Por lo cual, falta conocimiento y capacidades técnicas para su operación.
  3. Brechas legales: se requiere autorización de SEC y SEA
  4. Brechas económicas: los biodigestores requieren altas inversiones y mayores costos de operación que los sistemas de tratamiento actuales, por lo cual es difícil que se genere un cambio voluntario sin incentivos económicos
  
- Reducción de quemas agrícolas



1. Brechas institucionales: No hay un organismo que vele por reducir las quemas por razones distintas a los contaminantes locales.
  2. Brechas técnicas: La falta de maquinaria para incorporación de los rastrojos podría ser una limitante para evitar la quema. Salvo en los casos en que se utilice cero labranza, pues los rastrojos no se incorporan, sino que quedan en superficie. Si se incentiva cero labranza, se reducen quemas y se obtienen numerosos co-beneficios (salud de suelo, captura de carbono, control erosión, etc.)
  3. Brechas legales: La normativa que regula las quemas no responde a contaminantes globales por lo que no es aplicable en este caso.
  4. Brechas económicas: Para los agricultores la quema de rastrojos es una solución más “fácil” y “barata”. Por lo que al plantear alternativas se deben considerar estas dimensiones.
- Arroz reducido metano
    1. Brechas institucionales: no se identifican brechas relevantes, ya que la medida va a requerir el liderazgo de INDAP, que cuenta con personal y programas que pueden implementar la medida.
    2. Brechas técnicas: la totalidad de los productores utilizan sistemas productivos tradicionales para el arroz, y por ende, no existe conocimiento técnico para un sistema productivo de arroz bajo en carbono.
    3. Brechas legales: no se identifican brechas legales existentes.
    4. Brechas económicas: el cultivo del arroz es desarrollado por pequeños productores, que son beneficiarios de INDAP, y la mayoría trabaja con sistema de contrato con la agroindustria, que le da financiamiento para que pueda llevar a cabo el ciclo productivo. Cualquier cambio de cultivo debe considerar toda la cadena de producción primaria y agroindustrial y manejar conjuntamente el riesgo económico asociado a un cambio del sistema productivo.

### 3.4 Evaluación de riesgos

En esta actividad se identifican aquellos factores que podrían perjudicar la implementación y eficacia de la medida. Para cada medida se listan riesgos identificados para las dimensiones económicas, sociales y ambientales. Debe considerarse además que los riesgos de las medidas son dinámicos y, en particular, dependen del estado de la tecnología, economía y de la realidad social de donde se están implementando. Para cada medida se identifican y analizan los riesgos a nivel cualitativo.

- Biodigestores porcinos

Actualmente se está tramitando la inclusión de los olores como contaminante en la Ley N° 19.300, dependiendo de cómo avance esta tramitación, y que tan alineado con la medida y la ECLP estén los reglamentos que regulen dicha modificación, puede existir sinergia o riesgos/desincentivos en la implementación de la medida. A su vez, el Decreto Supremo N°9/2022 que establece normas de emisión de contaminantes en planteles porcinos que, en función de sus olores, generan molestia y constituyen un riesgo a la calidad de vida de la población, puede generar un desincentivo en la aplicación de biodigestores, ya que, sin incentivos o subsidios económicos que permitan solventar los altos costos de implementación, otros métodos de eliminación de olores menos intensivos en la reducción de GEI tendrán mayores tasas de adopción.

En esta misma línea, la inversión inicial para adquirir e instalar biodigestores y sistemas de generación de biogás es alta, lo que podría ser un riesgo financiero si las plantas de cerdos no pueden hacer frente a estos gastos, específicamente pequeños y medianos productores. Este riesgo puede disminuir con subsidios estatales.

La reducción del precio del kWh cogenerado, así como el aumento de precio del gas natural pueden hacer que los beneficios de la implementación de biodigestores no sean económicamente sostenibles para pequeños y medianos productores. A su vez, los costos de operación, como el mantenimiento de los biodigestores y el suministro de sustrato, pueden ser altos y requerir una inversión continua.

La instalación de biodigestores debe tener un tamaño mínimo para que sea sostenible financieramente en el tiempo, esto puede generar que pequeños productores no tengan la capacidad técnica ni financiera para su implementación, a su vez, el aumento en los costos de operación de plantas de tratamiento que abarque a varios productores, requeriría de logística y costos de operación más altos, ya que se requeriría del traslado de los purines hacia el biodigestor, lo que aumentaría significativamente los costos de operación y reduciría la capacidad de mitigación.

Aunque los biodigestores pueden reducir los olores y la contaminación ambiental, todavía puede haber preocupaciones y conflictos con la comunidad local si no se gestionan y maneja adecuadamente el biodigestor, disminuyendo la reducción de los olores como también otros problemas, como los efectos visuales de la infraestructura, accidentes, explosiones entre otros.

En esta misma línea la capacitación del personal para operar los biodigestores es crucial, y la falta de formación adecuada puede resultar en accidentes o errores de operación. A su vez, se requerirá de personal altamente capacitado para la operación del biodigestor, aumentando los costos de operación del mismo. En esta misma línea la cantidad de personal calificado para la operación de la planta puede ser insuficiente para suplir con la demanda potenciales nuevos empleos.

Si no se gestionan correctamente, los gases emitidos por los biodigestores pueden afectar la salud de los trabajadores y la comunidad local. A su vez, el mal manejo del biodigestor puede generar accidentes como la descarga de efluentes mal tratados, accidentes por parte de la operación de estos podría contaminar las fuentes de agua locales si no se toman las medidas adecuadas.

Finalmente, si los biodigestores no funcionan eficientemente, y no reciben purines suficientes o en un ritmo constante, la producción de biogás podría ser insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de la planta de cerdos, lo que requeriría fuentes de energía adicionales, aumentando los costos de operación y extendiendo el periodo de retorno de la inversión.

- Uso eficiente fertilizantes

Existe un desconocimiento del estado del arte del uso de fertilizantes del país, se requieren de investigaciones que muestren el consumo de fertilizantes a nivel predial, y los aumentos y reducciones en la producción en el cambio en la aplicación, como también pruebas piloto y casos de estudio de nuevas tecnologías que permitan aplicar la medida de manera más eficiente. A su vez, existe una falta de conocimiento técnico de los productores sobre el uso eficiente de fertilizantes.

La inversión inicial en análisis de suelo y equipos de aplicación eficiente de fertilizantes puede ser alta, lo que representa un riesgo económico si no se gestiona adecuadamente. Los precios de los fertilizantes nitrogenados pueden ser volátiles en el mercado, lo que puede afectar los costos de producción y la rentabilidad.

La aplicación de esta medida requiere de mano de obra calificada para la aplicación eficiente, en este sentido el riesgo está en la potencial falta de esa mano de obra para cumplir con los plazos de adopción que se esperan de la medida. La gestión inadecuada de los fertilizantes puede resultar en una baja eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de los cultivos, lo que a su vez podría afectar negativamente el rendimiento y la producción.

Puede existir una resistencia en la adopción de la medida por parte de los agricultores, tanto si se requiere un cambio tecnológico, cultural, de tradiciones y prácticas arraigadas que dificulten la implementación de la medida, debido a la percepción de los agricultores, que la reducción del uso de fertilizantes puede tener un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos. Sin un diagnóstico de los requerimientos de fertilizantes adecuado puede llevar a una falta de nutrientes esenciales y por consecuencia la degradación del suelo y a una disminución de la fertilidad a largo plazo.

- Mejoramiento dietas ganado bovino

Existe una falta de aplicabilidad de las tecnologías de reducción de emisiones de CH<sub>4</sub> entérico en la crianza/explotación de rumiantes en sistemas de pastoreo. Esta estrategia puede no ser universalmente aplicable y debe adaptarse a las circunstancias específicas de cada explotación ganadera.

La necesidad de suministrar suplementos de manera oportuna y económicamente viable implica una serie de desafíos logísticos, económicos y de manejo en la producción ganadera que pueden ser una barrera para pequeños y medianos productores. Los ganaderos deben encontrar un equilibrio entre la mejora de la nutrición de los animales, la eficiencia de la producción y la mitigación de las emisiones de metano, teniendo en cuenta las condiciones específicas de su operación y el entorno en el que trabajan.

La suplementación con aditivos debe ser alta dentro de la dieta diaria para influir significativamente en la metanogénesis, lo cual puede aumentar significativamente el costo económico de la alimentación del

ganado bovino (INIA, n.d., INIA, 2019). Aunque se reduzcan las emisiones de metano entérico, aumentar el consumo de aditivos, podría aumentar las emisiones adicionales de otros gases de efecto invernadero (GEI), como CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, asociadas con la producción y uso de suplementos (INIA, n.d.).

Resistencia del sector a aplicar la medida, debido al costo asociado a la compra de aditivos, la dificultad de implementación en rumiantes semi confinados, como también aspectos culturales, tradiciones y prácticas arraigadas en el sector ganadero. La suplementación con concentrados como método de reducción de emisiones puede resultar en costos adicionales que volverían inviable de aplicar en pequeños y medianos productores.

- Biodigestores bovinos

Para el correcto funcionamiento de los biodigestores es deseable la provisión de estiércol de manera continua y controlada. Si esto no es posible de mantener en el tiempo, no es posible la implementación de la medida a escala pequeña lo que representa una barrera para pequeños y medianos productores.

Al igual que para los biodigestores porcinos, actualmente se está tramitando incluir los olores como contaminante en la Ley 19.300, y, dependiendo de cómo avance esta tramitación y la alineación de los reglamentos que la regulen con otros instrumentos como la ECLP, puede existir sinergia o riesgo en la implementación de la medida.

La inversión inicial para adquirir e instalar biodigestores y sistemas de biogás puede ser alta, lo que podría ser un riesgo financiero si las plantas ganaderas no pueden hacer frente a estos gastos. Al igual que con los biodigestores porcinos, este riesgo puede disminuir con incentivos estatales.

La reducción del precio del kWh cogenerado, así como el aumento de precio del gas natural pueden hacer que los beneficios de la implementación de biodigestores no sean económicamente sostenibles para pequeños y medianos productores.

El mantenimiento de los biodigestores y el suministro de estiércol pueden ser altos y requerir una inversión continua, a su vez, para el manejo y mantención del biodigestor se requiere de mano de obra calificada, aumentando los costos de operación de la planta.

La instalación de biodigestores debe tener un tamaño mínimo para que sea sostenible financieramente en el tiempo, esto puede generar que pequeños productores no tengan la capacidad técnica ni financiera para su implementación, a su vez la industria bovina no utiliza en su generalidad un confinamiento total, lo que hace que la colecta de estiércol sea menor, haciendo difícil la implementación de la medida para pequeños y medianos productores.

La capacitación del personal para operar los biodigestores es crucial, y la falta de formación adecuada puede resultar en accidentes o errores de operación, por lo cual la falta de mano de obra calificada para el manejo de los biodigestores puede ser una barrera en su implementación.

Resistencia del sector privado a la adopción de la medida, debido al costo y a la dificultad de implementación, sobre todo en el sector ganadero bovino, que se caracteriza por su atomización y pequeña escala.

Aunque los biodigestores reducen los olores y la contaminación ambiental, todavía puede haber preocupaciones y conflictos con la comunidad local si no se gestionan adecuadamente los olores y los efectos visuales de la infraestructura. Si no se opera correctamente el biodigestor, los gases emitidos pueden afectar la salud de los trabajadores y la comunidad local. Una mala operación y mantenimiento de la planta de tratamientos podría atraer vectores, accidentes ambientales, explosiones, entre otros.

- Quemas agrícolas

La resistencia en la adopción de la medida por parte de los agricultores, tanto si se requiere un cambio en las prácticas usadas para la eliminación de residuos, como culturales, las tradiciones y prácticas arraigadas pueden dificultar la implementación de la medida.

- Arroz reducido metano

La falta de conocimiento técnico en las áreas rurales puede representar un riesgo significativo para la implementación de proyectos de gestión de agua en campos de arroz. Los riesgos tecnológicos pueden incluir la implementación deficiente de tecnologías de gestión de agua en los campos de arroz, reduciendo la efectividad en la capacidad de mitigación de la medida.

Resistencia por parte de los agricultores de aplicar nuevas técnicas de inundación, o adopciones de variantes que reducen la emisión de metano, por factores culturales, tradiciones y prácticas arraigadas, más que económicas.

A su vez, las nuevas técnicas de manejo pueden generar un aumento en la aparición de malezas y plagas, lo que requerirá una mayor cantidad de herbicidas y pesticidas, aumentando los costos de operación. La participación activa de los agricultores es fundamental en la implementación de proyectos de reducción de metano, y la falta de colaboración puede ser un riesgo social importante.

Existe el riesgo de que los beneficios de los proyectos de reducción de metano no se distribuyan equitativamente entre los agricultores y las comunidades rurales.

La gestión inadecuada del agua en los campos de arroz puede tener impactos ambientales negativos, como el agotamiento de los recursos hídricos y la degradación del suelo y la ineficiencia de la medida en reducir las emisiones de metano. Este riesgo es de vital importancia en el contexto de la mega sequía que enfrenta el país.

La implementación de nuevas prácticas de manejo del agua o de nuevas variantes de arroz podría afectar la producción, y, por lo tanto, tener un impacto ambiental en la seguridad alimentaria.

Los proyectos de gestión de campos de arroz pueden requerir inversiones significativas en infraestructura de riego y drenaje, como también en la operación, debido al uso de maquinarias u otras herramientas pesadas, lo que representa un riesgo económico y una barrera de adopción para pequeños y medianos productores.

### 3.5 Consolidación de resultados y análisis descriptivo de las medidas de mitigación

A continuación, se presenta un resumen de la información consolidada como resultado del desarrollo de las distintas actividades del proceso de caracterización y evaluación de las medidas en forma de fichas descriptivas. La caracterización de las medidas será complementada y actualizada con mayor información a medida que esté disponible durante las próximas etapas de desarrollo del PSM antes de su publicación final.

#### 1. Biodigestores porcinos

Subelemento	Contenido	
<b>ID</b>	2025_Agricultura_biodigestoresporcinos	
<b>Nombre</b>	Implementación de biodigestores y otros sistemas de abatimiento de emisiones, para tratamiento de purines de planteles porcinos.	
<b>Tipo de medida de mitigación</b>	Eficiencia en Captura	
<b>Descripción general</b>	Esta medida implica aumentar progresivamente el volumen de purines (medido como % de cabezas porcinas) de planteles tratados con biodigestores anaeróbicos y otros sistemas para reducir emisiones de metano.	
<b>Supuestos de implementación al 2030</b>	El 42% de los purines del ganado porcino es tratado mediante biodigestor.	
<b>Meta de mitigación [ktCO<sub>2</sub>eq]</b>	953.55	
<b>Acciones</b>	Estudio impacto norma de olores en reducción de emisiones	ODEPA; MMA; Privados
	Implementar instrumentos de financiamiento para desarrollo de proyectos de biodigestores porcinos (por ejemplo el programa "Transformación Tecnológica Ambiental Pyme Porcina")	ODEPA; Minagri; Privados
	Elaborar propuesta y postular a financiamiento internacional del FVC	ODEPA; Privados
	Generar información para el desarrollo de factores de emisión para óxido nitroso en los principales sistemas de manejo de estiércol porcino	ODEPA; INIA; Privados

<b>Instrumentos</b>	<p>Norma olores</p> <p>Propuesta financiamiento internacional (FVC; GEF)</p> <p>Estudios factores de emisión para óxido nitroso para principales sistemas de manejo de estiércol</p> <p>Programas públicos/privados de fomento</p> <p>Instrumentos complementarios de innovación FIA (ej: consultoría de innovación)</p> <p>FNDR</p> <p>APL</p>
<b>Periodo de implementación</b>	2024 - 2030
<b>Alcance territorial</b>	Territorio Nacional; foco en regiones relevantes
<b>Institución líder</b>	Ministerio de Agricultura
<b>Instituciones involucradas</b>	Ministerio de Energía
<b>Porcentaje de responsabilidad [%]</b>	100%
<b>Porcentaje de mitigación relativo a las emisiones del sector</b>	75%
<b>Costo medio de abatimiento [USD/tCO<sub>2</sub>eq]</b>	\$21.26
<b>VAN CAPEX [USD]</b>	\$21,926,547
<b>VAN OPEX [USD]</b>	(\$1,656,011)

## 2. Uso eficiente de fertilizantes

<b>Subelemento</b>	<b>Contenido</b>
<b>ID</b>	2025_Agricultura_usoeficientefertilizantes
<b>Nombre</b>	Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados y promover alternativas de fertilización bajas en emisiones
<b>Tipo de medida de mitigación</b>	Nivel de actividad

<b>Descripción general</b>	Reducción en la intensidad (kgN/ha) del uso de fertilizantes para cereales, cultivos industriales y forrajeras, y promover productos alternativos bajos en emisiones	
<b>Supuestos de implementación al 2030</b>	Reducción en un 10% en la intensidad de uso de fertilizante nitrogenado para cultivos cereales. Reducción en un 8% en la intensidad de uso de fertilizante nitrogenado para cultivos industriales y forrajeras.	
<b>Meta de mitigación [ktCO2eq]</b>	229.33	
<b>Acciones</b>	Diagnóstico sobre intensidad de uso de fertilizantes por tamaño de productor (en qué productores/cultivos tiene mayor potencial y costo-efectividad)	INIA; ODEPA
	Incorporar criterios de fertilización eficiente y sustentable, capacitación, generación de información técnica y análisis de suelos en instrumentos de fomento	ODEPA; INIA; SAG; INDAP
	Programa integral de asistencia técnica a extensionistas sobre uso eficiente de fertilizantes	ODEPA; INIA
	Promover nuevas alternativas de fertilización baja en emisiones (generación de nuevos productos, condiciones habilitantes, acceso y uso)	INIA
	Implementación de un Programa de asistencia técnica y financiera para el desarrollo de prácticas de manejo/acceso al estiércol	ODEPA; INIA
<b>Instrumentos</b>	<p>Estudio diagnóstico sobre intensidad de uso por tipo de productor</p> <p>Programa Cultivos Tradicionales INDAP</p> <p>SIRSD-S o el programa que lo reemplace (SIGESS) y otros instrumentos de fomento</p> <p>Potencial GEF Agricultura Regenerativa</p> <p>Convocatoria de proyectos de innovación FIA</p> <p>Instrumentos complementarios de innovación FIA (ej: consultoría de innovación)</p>	



	Programa de transferencia de conocimientos a productores
<b>Periodo de implementación</b>	2025 - 2030.
<b>Alcance territorial</b>	Territorio Nacional
<b>Institución líder</b>	Ministerio de Agricultura
<b>Porcentaje de responsabilidad [%]</b>	100%
<b>Porcentaje de mitigación relativo a las emisiones del sector</b>	18%
<b>Costo medio de abatimiento [USD/tCO<sub>2</sub>eq]</b>	(-\$56.79)
<b>VAN CAPEX [USD]</b>	
<b>VAN OPEX [USD]</b>	(-\$21,986,186)

3. Mejoramiento en dieta de ganado bovino para reducir emisiones de metano por fermentación entérica

<b>Subelemento</b>	<b>Contenido</b>	
<b>ID</b>	2025_Agricultura_mejoramiento_dieta_bovinos	
<b>Nombre</b>	Mejoramiento dieta ganado bovino	
<b>Descripción general</b>	Esta medida consiste en modificar alimentación del ganado bovino para reducir la metanogénesis, como la adición de lípidos, taninos, forrajes mejorados y aditivos comerciales en la dieta de ganado bovino para reducir emisiones de metano	
<b>Supuestos de implementación al 2030</b>	El 10% de los bovinos en sistemas de confinamiento reciben dietas mejoradas	
<b>Meta de mitigación [ktCO<sub>2</sub>eq]</b>	43.42	
<b>Tipo de medida de mitigación</b>	Factor de emisión	
<b>Acciones</b>	Impulsar investigación aplicada e iniciativas I+D+i en aditivos reductores de metano en relación a la realidad productiva nacional.	INIA; SAG; Universidades

	Avanzar en el registro y permisos de otros productos y formulaciones cuando estén disponibles	
	Dar a conocer la existencia de alternativas de dietas que reduzcan emisiones y sus efectos a productores	INIA; INDAP (difusión)
	Programa de capacitación sobre uso de dietas mejoradas a nivel de productores	INIA
	Generar alianzas público-privadas con industria láctea para escalar implementación	ODEPA; INIA; INDAP; Privados
	Evaluar alternativas de fomento para apoyar uso de dietas mejoradas	ODEPA; INDAP
	Estudio de mercado para evaluar agregación de valor/disponibilidad a pagar por productos bajos en carbono	ODEPA; INIA; Privados; ASCC
<b>Instrumentos</b>	<p>Instrumento de fomento para incentivo de uso de aditivos en ganadería en confinamiento con foco en predios grandes, medianos y pequeños.</p> <p>Programa predios piloto con industria láctea</p> <p>Programa de capacitación y transferencia tecnológica</p> <p>Plan de acción para la sustentabilidad de la ganadería bovina, hacia la carbono neutralidad</p> <p>Fondos concursables para generar investigación aplicada e I+D+i y desarrollo de nuevos aditivos y/o formulaciones para sistemas pastoriles</p> <p>Convocatoria de proyectos de innovación o consultoría de innovación FIA</p> <p>Instrumentos complementarios de innovación FIA (ej: consultoría de innovación y gira y evento de innovación)</p> <p>APL</p>	
<b>Periodo de implementación</b>	2025 - 2030.	
<b>Alcance territorial</b>	Territorio Nacional	
<b>Institución líder</b>	Ministerio de Agricultura	

<b>Porcentaje de responsabilidad [%]</b>	100%
<b>Porcentaje de mitigación relativo a las emisiones del sector</b>	3%
<b>Costo medio de abatimiento [USD/tCO<sub>2</sub>eq]</b>	\$119.47
<b>VAN CAPEX [USD]</b>	
<b>VAN OPEX [USD]</b>	\$5,187,163

#### 4. Biodigestores bovinos

<b>Subelemento</b>	<b>Contenido</b>	
<b>ID</b>	2025_Agricultura_biodigestoresbovinos	
<b>Nombre</b>	Implementación de Biodigestores para tratamiento de Purines de Bovinos.	
<b>Descripción general</b>	Esta medida implica aumentar progresivamente el volumen de purines de plantales bovinos tratados con biodigestores anaeróbicos para reducir emisiones de metano.	
<b>Supuestos de implementación al 2030</b>	El 10% de los purines de ganado bovino confinado (medido en % de cabezas) es tratado mediante biodigestores.	
<b>Meta de mitigación [ktCO<sub>2</sub>eq]</b>	68.17	
<b>Tipo de medida de mitigación</b>	Eficiencia de Captura	
<b>Acciones</b>	Actualizar información disponible sobre factibilidad económica y productiva de proyectos y evaluar programas de fomento existentes y evaluar el desarrollo de nuevos instrumentos para la implementación de biodigestores de estiércol bovino	ODEPA; INIA; MINAGRI; privados
	Evaluar y promover oferta tecnológica disponible para tratamiento de purines	ODEPA; INIA
	Desarrollar capacidades técnicas para la implementación y uso de biodigestores	INIA

	Actualizar experiencia nacional y universo de implementación a nivel de productores para establecer proyectos/iniciativas asociativas para implementación de biodigestores	INDAP; ODEPA
	Generar condiciones habilitantes que faciliten la implementación (estudios de factibilidad, diagnóstico, otros)	ODEPA; INIA
<b>Instrumento</b>	Programas públicos/privados de fomento Programa de capacitaciones para implementación y operación FNDR APL Instrumentos complementarios de innovación FIA (ej: evento y gira de innovación, consultoría de innovación) Propuestas para financiamiento internacional	
<b>Periodo de implementación</b>	2025 - 2030.	
<b>Alcance territorial</b>	Territorio Nacional	
<b>Institución líder</b>	Ministerio de Agricultura	
<b>Porcentaje de responsabilidad [%]</b>	100%	
<b>Porcentaje de mitigación relativo a las emisiones del sector</b>	5%	
<b>Costo medio de abatimiento [USD/tCO<sub>2</sub>eq]</b>	\$56.79	
<b>VAN CAPEX [USD]</b>	\$4,344,714	
<b>VAN OPEX [USD]</b>	(\$473,067)	

#### 5. Reducción quemas agrícolas

<b>ID</b>	2025_Agricultura_quemasagricolas
<b>Nombre</b>	Reducción de Quemas Agrícolas

<b>Descripción general</b>	Esta medida considera la generación de alternativas de manejo y uso de residuos silvoagropecuarios con la finalidad de disminuir el uso de las quemas, incentivando a las personas a usar prácticas sustentables que aporten a la gestión predial.	
<b>Supuestos de implementación al 2030</b>	100% de las comunas (Maule a Araucanía) aplican acciones de transferencia tecnológica de alternativas de manejo y uso de residuos silvoagropecuarios.  Reducción del 30% en la superficie destinada a quemas agrícolas por manejo de rastrojo mediante la implementación de manejos y usos alternativos del rastrojo.	
<b>Meta de mitigación [ktCO<sub>2</sub>eq]</b>	14.78	
<b>Tipo de medida de mitigación</b>	Nivel de Actividad	
<b>Acciones</b>	Fomentar el uso de prácticas alternativas a quemas y sensibilización sobre impactos negativos y co-beneficios de la reducción (precursor ozono, carbono negro)	INIA; SAG; INDAP
	Establecer proyectos/iniciativas asociativas para implementar prácticas alternativas a quemas	INIA; ODEPA; CONAF
	Incorporar prácticas alternativas en instrumentos de fomento para reducción de quemas	ODEPA; SAG; INDAP
	Fortalecimiento del Sistema de Asistencia de Quemadas (SAQ) el cual administra a nivel nacional las autorizaciones y las metodologías empleadas al momento de realizar una quema	INIA; CONAF; ODEPA
<b>Instrumentos</b>	Programa de extensión y capacitación de prácticas sustitutivas  Programa Cultivos Tradicionales INDAP  SIRSD-S o el programa que lo reemplace (SIGESS)  Convocatoria de proyectos de innovación FIA  Instrumentos complementarios de innovación FIA (gira y evento de innovación, consultoría de innovación )  Instrumento regulatorio específico sobre quemas agrícolas	
<b>Periodo de implementación</b>	2025 - 2030.	

<b>Alcance territorial</b>	Territorio Nacional. Con foco inicial en regiones Maule, Bio-Bio, Araucanía.
<b>Institución líder</b>	Ministerio de Agricultura
<b>Porcentaje de responsabilidad [%]</b>	100%
<b>Porcentaje de mitigación relativo a las emisiones del sector</b>	1%
<b>Costo medio de abatimiento [USD/tCO<sub>2</sub>eq]</b>	(-\$348.21)
<b>VAN CAPEX [USD]</b>	
<b>VAN OPEX [USD]</b>	(-\$5,145,279)

#### 6. Arroz bajo en metano

<b>Subelemento</b>	<b>Contenido</b>	
<b>ID</b>	2025_Agricultura_arroz_reducido_metano	
<b>Nombre</b>	Arroz bajo en metano	
<b>Descripción general</b>	Medida orientada a potenciar y escalar los sistemas de producción de arroz bajos en emisiones y nuevas variedades, lo que implica una reducción del tiempo de inundación del cultivo de arroz, asociado a una menor tasa de emisión de metano.	
<b>Supuestos de implementación al 2030</b>	El 10% de la superficie destinada al cultivo de arroz emplea sistemas de producción bajo en emisiones y/o variedades que requieren menor consumo hídrico.	
<b>Meta de mitigación [ktCO<sub>2</sub>eq]</b>	15.51	
<b>Tipo de medida de mitigación</b>	Factor de Emisión	
<b>Acciones</b>	Fomentar investigación e iniciativas I+D+i en sistemas alternativos de producción y variedades bajas en emisiones.	INIA
	Desarrollar capacidades técnicas en pequeños productores para la adopción de sistemas alternativos de producción	INIA; INDAP

	Generar alianzas público-privadas con la industria para generar pilotos/proyectos de arroz bajo en metano y escalar iniciativas	ODEPA; Privados; INDAP; INIA
	Explorar alternativas de mercado para incentivar adopción de sistemas de producción/variedades bajas en metano (sellos, certificaciones, etc.)	ODEPA; INIA
<b>Instrumentos</b>	<p>Programas públicos de fomento</p> <p>Programa de extensión y capacitaciones en métodos alternativos de producción</p> <p>Convenio con industria arrocera para implementar programas piloto de producción baja en emisiones con foco en escalamiento progresivo</p> <p>Convocatoria de proyectos de innovación FIA</p> <p>Instrumentos complementarios de innovación FIA (gira y evento de innovación, consultoría de innovación )</p>	
<b>Periodo de implementación</b>	2025 - 2030.	
<b>Alcance territorial</b>	Territorio Nacional. *Acotado a regiones de producción de arroz	
<b>Institución líder</b>	Ministerio de Agricultura	
<b>Porcentaje de responsabilidad [%]</b>	100%	
<b>Porcentaje de mitigación relativo a las emisiones del sector</b>	1%	
<b>Costo medio de abatimiento [USD/tCO<sub>2</sub>eq]</b>	\$189.45	
<b>VAN CAPEX [USD]</b>		
<b>VAN OPEX [USD]</b>	\$2,939,171	

## Contribución del sector forestal a las acciones de mitigación

El territorio chileno comprende un 23.7% de su área total designada como tierras forestales y un 40.2% está ocupado por praderas y matorrales. Una parte significativa de estas áreas de matorrales ha surgido como reemplazo de bosques nativos previamente degradados. Del mismo modo, hay tierras degradadas que actualmente carecen de vegetación arbórea y que podrían ser reforestadas con especies nativas (CONAF, 2023 y MINAGRI, 2016).

La Tabla 7.7 muestra el total de hectáreas nacionales por Uso de la Tierra

Tabla 7. Total de Hectáreas Nacionales por Uso de la Tierra

Usos de la Tierra	Superficie (ha)	%
1. Áreas Urbanas e Industriales	810.689	1.1
2. Terrenos Agrícolas	3.244.696	4.3
3. Praderas y Matorrales	30.405.734	40.2
4.1 Plantación Forestal	3.121.969	4.1
4.2 Bosque Nativo	14.666.732	19.4
4.3 Bosque Mixto	179.585	0.2
5. Humedales	847.898	1.1
6. Áreas Desprovistas de Vegetación	17.256.546	22.8
7. Nieves y Glaciares	3.431.226	4.5
8. Cuerpos de Agua	1.431.659	1.9
9. Áreas No Reconocidas	331.199	0.4
<b>Total Nacional</b>	<b>75.727.933</b>	<b>100.0</b>

Fuente: CONAF, 2023.

Según el anuario forestal de INFOR (Álvarez González et al., 2022), el sector forestal el año 2021 observó una recuperación en línea con la economía nacional y mundial que se reactivaba luego de la pandemia del COVID-19. El PIB forestal alcanzó los 3,602 millones de pesos corrientes, representando el 1.7% del PIB total. La celulosa, papel y productos de papel lideraron la distribución del PIB forestal, seguidos por el subsector de madera y productos de madera, y la silvicultura.

Las exportaciones totales de Chile aumentaron un 28% en 2021, impulsadas principalmente por el sector minero. A pesar de esto, la participación del sector forestal en las exportaciones nacionales disminuyó, aunque las exportaciones de productos forestales aumentaron debido a los incrementos en los precios de exportación. Las importaciones también experimentaron un fuerte crecimiento, particularmente en productos forestales relacionados con la construcción. La industria manufacturera, incluida la forestal, mostró signos de recuperación, con un aumento en la producción y el uso de madera en la construcción se mantuvo, aunque con una ligera disminución en su participación (Álvarez González et al., 2022).



El sector UTCUTS es crucial para mitigar el cambio climático en Chile, ya que es el único sector que constantemente absorbe dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Según el último INGEI (MMA, 2023), el año 2020 este sector representó el 32,0 % del balance total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país en términos absolutos, contando un total de -49,727,4 kt CO<sub>2</sub> eq, que corresponde a una reducción del 24,4 % desde el inventario de 1990 y del 3,6 % desde el inventario de 2018. En términos de absorción de CO<sub>2</sub>, las Tierras forestales y los Productos de Madera recolectada son las categorías más significativas en este sector. La disminución en la capacidad de absorción de las Tierras forestales desde 2018 a 2020 se debe en parte a los incendios forestales y a una baja conversión de tierras a Tierras forestales (forestación).

En cuanto a los depósitos de carbono, en 2020, la biomasa y los Productos de madera recolectada contribuyeron principalmente a las absorciones netas del sector UTCUTS (85,6% y 12,4% respectivamente), mientras que la materia orgánica muerta contribuyó con emisiones netas hasta 2007 debido a la conversión de Tierras forestales a otros usos. En cuanto al carbono del suelo, hubo una tendencia a la absorción neta hasta 1999, seguida de una emisión neta debido a la conversión de tierras a Tierras de cultivo (MMA, 2023).

En 2018, el CO<sub>2</sub> fue el principal GEI en términos absolutos, representando un 99,7 % del sector, seguido por el metano (CH<sub>4</sub>) con un 0,2 % y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) con un 0,1 %, estos dos últimos con aumentos de emisiones en los años con mayores incendios (1998, 2002, 2015 y 2017) (MMA, 2023).

Las acciones sectoriales de mitigación incluyen la reducción de emisiones derivadas de la deforestación, de la degradación, manejo sustentable, aumento de la cobertura forestal permanente con acciones de forestación y de restauración, entre otras, actividades que han sido agrupadas y establecidas por parte de la Convención Marco de Naciones sobre Cambio Climático (CMNUCC) como un enfoque de políticas más conocido como REDD+.

Con miras al cumplimiento de la meta de carbono neutralidad al 2050, el sector forestal ha asumido el desafío por medio de la actualización de la Contribución Nacional Determinada (NDC), aumentando a 200.000 ha el manejo y recuperación de bosque nativo; creación de 200.000 ha de nuevos bosques, con al menos 70.000 ha de ellas correspondientes a especies nativas; y reduciendo las emisiones del sector forestal por degradación y deforestación del bosque nativo en un 25% al 2030.

Para dar cumplimiento de estos compromisos climáticos, el MINAGRI por medio de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) como punto focal del enfoque REDD+ ha desarrollado la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) la cual corresponde a una política pública que sigue los lineamientos tanto nacionales como internacionales referentes a los bosques y otros recursos vegetacionales.

Se destaca que esta política fue sometida a la aprobación del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, se desarrolló de forma participativa con más de 3.700 personas participantes, considera el enfoque de género e interculturalidad en concordancia con la visión de las comunidades territoriales, establece medidas concretas sobre la gestión de los recursos para enfrentar las causas de la deforestación, degradación de bosques, formaciones xerofíticas y otros recursos vegetacionales, así como fomentar la implementación de actividades de restauración, conservación y manejo sustentable.

Considerando lo anterior, y si bien el sector forestal no tiene asignado un presupuesto de emisiones por lo cual no es mandatorio incluir las medidas de mitigación en el presente Plan, desde el MINAGRI se considera relevante vincular e incluir a la ENCCRV como una herramienta clave para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos en materia sectorial por el país. El documento está disponible de manera pública y el proceso de actualización para alinearlo a la LMCC y sus instrumentos sectoriales se llevará a cabo durante el 2024.

#### IV. Capítulo 4. Indicadores de Monitoreo, Reporte y Verificación

Los sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), enmarcados en los acuerdos de transparencia que se desprenden de la CMNUCC, tienen como propósito contribuir a la transparencia y claridad en el reporte de las emisiones y absorciones de GEI, así como de los esfuerzos realizados para la gestión del cambio climático.

Estos sistemas incorporan procesos de monitoreo, reporte y verificación orientados a la evaluación y seguimiento del impacto de las políticas de cambio climático, además del seguimiento de las metas nacionales comprometidas. En esta línea, permiten establecer los roles y responsabilidades que tendrán los distintos actores involucrados en la implementación de las acciones, necesitando para su reconocimiento oficial, que todos los elementos, conexiones, funciones y propósitos estén debidamente documentados por medio de reglas o reglamentos y procedimientos reconocidos por los actores del sistema. En definitiva, los sistemas MRV son sistemas de procesos y de gestión de información, compuestos por: Indicadores, Actores, Responsabilidades, Procesos y Plazos (GreenLab Dictuc, 2023).

Se describen sistemas de MRV para el seguimiento de la adaptación y también para el de la mitigación. Los primeros, conocidos como sistemas de Monitoreo, Reporte, Verificación y Evaluación (MRV&E), están orientados al seguimiento de las medidas y acciones que buscan el fortalecimiento de la resiliencia de las personas y sus sistemas, a través del aumento de la capacidad de adaptación y la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático. En el caso de los segundos, tienen por objetivo la evaluación y seguimiento de la mitigación frente al cambio climático, y se pueden clasificar según momento del seguimiento en *ex – ante* (antes de la implementación) y en *ex – post* (después de la implementación).

Los sistemas de MRV de Mitigación están integrados por tres tipos (WRI, 2016 citado por WSP):

- (i) Sistemas de MRV de Emisiones que se centran en monitorear las emisiones y capturas de GEI, en un periodo definido, ya sea a nivel nacional, a nivel de organizaciones o a nivel de instalaciones. Ejemplos de este tipo de sistemas lo constituye el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE) y el Sistema Nacional de Prospectiva (SNP);
- (ii) Sistemas de MRV de Políticas y Acciones de Mitigación o conocidos como MRV de Medidas de Mitigación, que hacen seguimiento a la reducción de emisiones de GEI y de los efectos de desarrollo sustentable asociados a una acción de mitigación, entendida esta última como intervenciones y compromisos (políticas, acciones y proyectos) adoptados por un gobierno u otra entidad para reducir las emisiones de GEI. Son los Sistemas de MRV de Políticas y Acciones de Mitigación los encargados de hacer seguimiento de los progresos y efectos de los Planes

Sectoriales de Mitigación (PSM), foco de la presente consultoría, y que serán descritos con mayor detalle en la siguiente sección; y

- (iii) Sistemas de MRV de Apoyo que son aquellos encargados de hacer seguimiento a la entrega o recepción de apoyo climático y a los resultados alcanzados, particularmente, en las áreas de financiamiento climático, transferencia tecnológica y creación de capacidades.

Es importante señalar que, tanto los sistemas de MRV&E para la Adaptación como los sistemas de MRV de Mitigación, incluidos sus tres tipos, hacen parte de un sistema integrado y aportan, desde distintas perspectivas, al seguimiento de la gestión climática de los países (WRI, 2016 citado por WSP).

#### 4.1 Objetivo del sistema de MRV de Medidas de Mitigación del PSM de Agricultura

El seguimiento de las políticas y acciones de mitigación sectoriales contenidas en el presente plan es clave para garantizar el cumplimiento de los compromisos del país. Por ello, el Sistema de MRV de las medidas tiene como objetivo hacer seguimiento de las políticas, acciones y medidas que se plantean en el plan para la mitigación de los efectos del cambio climático, su reporte a los organismos competentes y su verificación, habilitando así alcanzar el presupuesto sectorial de emisiones asignado al Minagri.

El MRV del PSM debe incorporar todas las medidas de mitigación que puedan ser contabilizadas y que tengan un impacto sobre las emisiones de GEI sectoriales; para lo cual es recomendable que todas las políticas, programas, etc. del Minagri estén vinculadas con el PSM, de manera que este refleje de la forma más completa posible las medidas de mitigación que serán abordadas desde el Ministerio y así, mediante el seguimiento de su plan podrá reconocer de manera integrada toda su contribución sectorial a la mitigación.

Entre los objetivos del sistema de MRV se considera<sup>17</sup>:

- Coordinar la participación de los actores relevantes en el seguimiento *ex post* de las medidas de mitigación contenidas en el PSM, establecer los criterios y lineamientos para este seguimiento y velar por la efectividad de las medidas.
- Centralizar en el Minagri la información del progreso y efectividad de las medidas de mitigación contenidas en el PSM. De esta manera, el MRV del plan permitirá desarrollar una base de datos de las políticas y acciones de mitigación del sector agrícola y forestal, y sobre el cambio de uso de los suelos.
- Establecer los lineamientos para el seguimiento de los esfuerzos de mitigación del sector que se establecen en la ECLP, levantar la información necesaria para verificar el nivel de involucramiento de las distintas autoridades del Minagri vinculadas a cada medida<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> WSP & PNUD, 2022. Definición de lineamientos del sistema nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de políticas y acciones de mitigación impulsadas por el sector público, 2022.

<sup>18</sup> El sistema nacional de MRV de políticas y acciones de mitigación provee lineamientos para la contabilidad *ex post* de las reducciones de emisiones de políticas y acciones de mitigación. Esto implica que proveerá de uno de los datos necesarios para determinar los presupuestos sectoriales.

- Proveer información para la presentación de reportes ante la CMNUCC, en línea con los requerimientos establecidos en el Marco Reforzado de Transparencia y las Modalidades, Procedimientos y Directrices para las medidas y el apoyo a que se hace referencia en el artículo 13 del Acuerdo de París” (CMNUCC, 2019).
- Proveer información para los procesos del Sistema Nacional de Prospectiva asociados a la actualización del el PSM.
- Proveer información complementaria a la que entrega el SNICHILE, que permita explicar tendencias de emisiones de GEI.

#### 4.2 Consideraciones para la selección de indicadores

La Guía para la elaboración de los PSM (DICTUC, 2022), propone una metodología de selección de indicadores, tanto de progreso como de efectos, en base a criterios objetivos, que ha sido adoptada y complementada con otros criterios apropiados para el sector. A continuación, se presentan estos criterios.

##### a. Objetivos asociados al indicador y usos previstos de los resultados

Los sistemas de MRV en general y sus indicadores, en particular, tienen al menos tres objetivos a considerar. El primero de ellos y más evidente es el de hacer seguimiento y evaluar la/s medida/s para la/s cual/es han sido incluidos; sin embargo, existen tres objetivos adicionales que deben también tenerse en cuenta y que dicen relación con, primero, apoyar la actualización de los PSM una vez que el periodo de implementación ha terminado, vale decir, los indicadores deberán entregar información sobre la utilidad y avance de cada una de las medidas contenidas en el PSM que precede la actualización, para considerar la re-inclusión o no, de una medida que ya ha sido incorporada en el pasado; con esto se busca contribuir a la mejora continua de los PSM. El segundo objetivo deseable dice relación con la contribución que hace el indicador en el seguimiento y evaluación de las metas sectoriales y de los esfuerzos de mitigación indicativos definidos en la ECLP, y tercero, con el aporte que hace al sistema nacional de MRV de mitigación y a la necesidad de información requerida para reportar los avances y logro de los compromisos asumidos a nivel nacional (Reporte de Acción Nacional de Cambio Climático – RANCC) y a nivel internacional en la NDC (Comunicación Nacional - CN e Informe Bienal de Transparencia - IBT).

En esta línea, aquellos indicadores que contribuyan en mayor medida al logro de estos cuatro objetivos debieran ser seleccionados para su inclusión en el sistema MRV del PSM.

##### b. Importancia relativa de la medida que se evalúa

Al seleccionar los indicadores, se debe focalizar los esfuerzos institucionales en medidas relevantes para el cumplimiento del presupuesto sectorial indicativo de la ECLP y, por lo tanto, de la NDC. Esto porque toda política pública requiere esfuerzos en recursos y en tiempo, y el mandato es hacer un uso eficiente de estos recursos escasos frente a la necesidad de reducir emisiones o aumentar la captura de GEI.

En este contexto, las emisiones por componente del sector agropecuario, en los inventarios nacionales entre los años 2000 y 2020, muestran con claridad seis categorías relevantes: suelos agrícolas, fermentación entérica y gestión de estiércol, estas tres con emisiones anuales superiores a los 1.000

ktCO<sub>2</sub>eq., y en el caso del sector UTCUTS, la pérdida de biomasa por cosecha, por elaboración y venta de leña y por incendios, esta última con un fuerte impacto en las emisiones sectoriales, ya que ha llegado a 70.000 kt CO<sub>2</sub> eq, cifra seis veces mayor que el total de emisiones de GEI del sector agropecuario. Así mismo, medidas y acciones asociadas a la captura de GEI también son de suma relevancia en esta materia, identificando aquellas relacionadas, especialmente, con el bosque nativo y su manejo (Inventario Nacional GEI, 2020).

Por lo tanto, la selección de indicadores del sistema MRV debe tener en consideración la relevancia de las medidas y acciones asociadas a los principales componentes emisores. Lo anterior, considerando la factibilidad de que la medida sea exitosa en su reducción de emisiones o en el aumento de su captura, lo que involucra la probabilidad de que la medida sea adoptada y cuantas toneladas de CO<sub>2</sub> eq. se dejarían de emitir.

#### c. Disponibilidad y calidad de la información

Para que un indicador sea certero en sus resultados, se debe contar con información fiable, completa y con una frecuencia adecuada para el seguimiento, lo cual constituye la principal limitación a la hora de diseñar los sistemas de MRV.

En términos generales, se debe privilegiar la selección de indicadores en que la información está disponible o es sencilla de levantar, es de calidad y se actualiza con una frecuencia suficiente, permitiendo obtener indicadores fidedignos, relevantes y oportunos. En el caso de no existir una o más de estas condiciones, es necesario evaluar, caso a caso y bajo el criterio de costo - efectividad, cuáles indicadores y su relevancia en términos de la información que proveen (criterio b) requerirán destinar mayores recursos para su medición. Sólo para casos específicos en que el indicador tenga una relevancia especial se justificaría el levantamiento de nuevos datos más complejos de obtener (DICTUC, 2022).

La frecuencia de levantamiento de información para el cálculo de indicadores del MRV del PSM de Agricultura, y de acuerdo a las particularidades del sector, debiera ser de un año (preferiblemente el año agrícola: junio – mayo). Esta frecuencia anual permitiría contar con información útil proveniente de encuestas y otros instrumentos de levantamiento utilizados por ODEPA y otros servicios, anuales y bienales (encuesta de cultivos, existencias animales, cifras lácteas, estadísticas forestales) que si bien, hoy podrían no incorporar la información requerida, abre posibilidades para incluirla en futuros ciclos de análisis.

#### d. Capacidad, recursos y tiempo disponible para su evaluación

Una segunda limitación para la operación de los sistemas de MRV la constituye la disponibilidad institucional de capacidades técnicas, recursos (humanos y económicos) y tiempo. Considerando que en el sector público los recursos son escasos y deben ser utilizados de manera costo-eficiente, es clave tener en cuenta este criterio en la selección de indicadores.

Por lo tanto, es perfectamente factible que el proceso de diseño y puesta en marcha del sistema de MRV, vaya acompañado con el fortalecimiento de capacidades y recursos, y si en esta línea además existe enriquecimiento de información disponible, metodologías de cálculo, etc. esto permitirá también una mejora continua en la operación de los sistemas, pudiendo incluso considerarse la inclusión de indicadores más idóneos y ambiciosos (DICTUC, 2022).

Finalmente, se requiere la definición de metodología de cálculo para cada uno de los indicadores. La responsabilidad en la definición de esta metodología y su posterior medición recae en la autoridad sectorial. Al igual que en el caso anterior, el MMA juega un papel importante contribuyendo en la definición de la metodología. En esta etapa, también se requiere la participación de los actores sectoriales (tanto públicas como privadas y otras) y autoridades regionales para la provisión de elementos metodológicos e información relevante.

El diseño de la metodología de cálculo para cada uno de los indicadores seleccionados, requiere la definición de cuatro aspectos claves: (i) la unidad de medición (número, porcentaje, superficie, etc.); (ii) la metodología de medición; (iii) datos requeridos para la construcción del indicador; y (iv) la frecuencia de medición.

### 4.3 Indicadores de efectos sector Agricultura

Los indicadores se seleccionaron en base a los criterios expuestos anteriormente: Importancia de la medida que se evalúa; Disponibilidad y calidad de la información; y Capacidad, recursos y tiempo disponible.

#### (A) Indicadores para acciones de biodigestores porcinos

Los biodigestores porcinos se hacen cargo de procesar los GEI provenientes del estiércol de esa especie. La gestión de estiércol es la tercera categoría en importancia dentro del sector Agricultura (14% de las emisiones), y del orden de 67% de esta categoría corresponde a estiércol de cerdos. Es, en consecuencia, una categoría de emisiones relevante como para priorizar medidas al respecto, e invertir por lo tanto en su medición.

Si bien existen distintas formas de abatimiento de las emisiones en estiércol porcino, la que resulta más eficiente son los biodigestores, los que además dan la opción de uso energético del gas resultante. Es importante igualmente tener en cuenta que otras medidas de abatimiento son bastante usuales, como el lodo activado, y realizan un abatimiento importante de emisiones, del orden del 50% a 70%.

A) Ficha indicador Implementación de biodigestores porcinos.

Elemento	Sub elemento	Contenido
Acción	Nombre	Implementación de biodigestores porcinos
	Tipo de medida	Mitigación
	Objetivos	Disminuir las emisiones de GEI por tratamiento del estiércol de porcinos depositados en lagunas, a través de su biodigestión.
	Importancia relativa	Alta
Indicador	Nombre	Abatimiento de GEI por biodigestores
	Tipo de indicador	Efecto

Elemento	Sub elemento	Contenido
	<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto GEI
	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir las emisiones de GEI de estiércol porcino capturadas por biodigestores (transformación de Metano a CO2)
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Media – alta. El dato está disponible anualmente. Lo entrega la Asociación Chile Carnes, que incluye a los planteles medianos y grandes de productores de carne de cerdo.
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Media. La tarea de clasificar los distintos sistemas de gestión de estiércol no es simple en las explotaciones más pequeñas, que combinan sistemas de tratamiento.
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	MM tCO <sub>2</sub> eq
	<b>Metodología de cálculo</b>	Emisiones potenciales de la masa ganadera de cerdos – porción de las emisiones abatida en biodigestores
	<b>Datos requeridos</b>	Producción de purines de cerdos, porcentaje de los purines de cerdos que son tratados en biodigestores
	<b>Frecuencia de medición</b>	Anual
<b>Valores objetivos indicador</b>	<b>Valor inicial</b>	1.085,9 kt CO <sub>2</sub> eq (año 2020)
	<b>Valor objetivo</b>	608,104 kt CO <sub>2</sub> eq (44% ente 2020 y 2024)
	<b>Plazo valor objetivo</b>	44 años

## (B) Biodigestores para purines de ganado lechero

La subcategoría de gestión de estiércol en ganado bovino corresponde a un 17% dentro de la categoría, que a su vez pesa un 14,5% en las emisiones sectoriales. Eso corresponde a un 2,47% de las emisiones sectoriales, es decir, tiene una participación inferior a las emisiones de la subcategoría purines de cerdos.

También hay diferencias con la subcategoría purines de cerdos en la complejidad de realizar un seguimiento a los sistemas de gestión de estiércol para su clasificación, debido a la gran atomización que existe de productores de leche. Existe un registro de biodigestores a nivel nacional, llevado por el Ministerio de Energía, en el que en su actualización al 2020 figuran 5 biodigestores de purín de vaca, aunque sin información acerca de la producción de biogás.

En la medida que no exista un incentivo a que se desarrollen estos biodigestores, a través de una posibilidad real de recibir pago por su venta de energía, y por tanto exista un incentivo a que estos registros de producción lleguen a ser reales y actualizados, no parece ser recomendable desplegar esfuerzos y recursos para su seguimiento.

En la actualidad el dato se registra en el Inventario Nacional de GEI a través de la opinión experta, que define qué proporción del ganado estaría bajo categoría en las que se concentran los purines en un lugar

del predio. Dado que ese juicio experto se toma ante una carencia importante de información estadística, no se considera confiable para hacer un seguimiento de esta subcategoría en particular.

### (C) Aditivo reductor de emisiones de metano en ganado bovino

La fermentación entérica aportó en un 39,4% de las emisiones sectoriales en el año 2020. A su vez el ganado bovino aporta en un 87% de las emisiones dentro de la categoría, representando entonces en el sector Agricultura en 34,3%. Sin duda es una participación determinante dentro del balance de GEI en el sector y en el país.

Evidentemente el tamaño de la masa ganadera es lo más determinante en las emisiones del sector. Sin embargo, el rol que juega la ganadería en el sector rural, y la importancia de la proteína animal en la alimentación humana, hace recomendable avanzar más en la lógica de bajar la intensidad de emisión, al menos desde la mirada de la política agropecuaria. Si en paralelo los hábitos alimentarios contribuyen en disminuir la demanda de productos animales a nivel de los consumidores nacionales y mundiales, mucho mejor para la política de combate al Cambio Climático.

A nivel técnico ya está registrado en el país el uso de un inhibidor de emisiones de la fermentación entérica, validado para animales estabulados, y que mitigaría en un 30% la emisión. El potencial de reducción, entonces sería de hasta un 30% de las emisiones de metano de la proporción de animales que estarían estabulados. Esa proporción podría tomarse del juicio experto aplicado para los sistemas de gestión de estiércol, o usar una categoría más amplia, eso según las definiciones del aditivo, en cuanto a qué se entendería por animales estabulados.

También a nivel técnico, y desde la mirada de los indicadores de intensidad de emisión, el uso de animales más eficientes en la producción de leche y carne, contribuiría también a mantener una producción de alimentos disminuyendo las emisiones de la subcategoría. En el Cuadro siguiente se analiza opciones de indicadores para esta acción de mitigación.

Indicadores sugeridos para Uso de aditivos de emisiones de metano en bovinos.

<b>Acción</b>	Uso de aditivo reductor de emisiones de metano en ganado bovino		
<b>Tipo de medida</b>	Medida de mitigación		
<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de metano del ganado bovino		
<b>Importancia relativa</b>	Reducción de emisiones en 30% para la proporción de bovinos estabulados		
<b>Indicadores</b>	Aditivos importados (o fabricados) en el año	Reducción de GEI por efecto del aditivo	Reducción de intensidad de emisión de GEI por fermentación entérica por uso de aditivo
<b>Subtipo de indicador</b>	Intermedio	Efecto GEI	Efecto GEI



<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir el uso de los aditivos en la agricultura chilena. Busca observar cómo se comporta la demanda, impulsada por campañas o subsidios	Medir la reducción absoluta de emisión de GEI por fermentación entérica en comparación al año anterior	Medir la reducción de emisión por producción de leche corregida <sup>19</sup> . Implica dividir las emisiones anuales de GEI por fermentación entérica de bovinos por la recepción de leche en plantas, corregida
<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Se espera que alta	Se espera que alta	Se espera que alta. La recepción de leche en plantas se captura regularmente.
<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Baja si es sólo importación, media si hay que cuantificar producción nacional	Baja. Si se asume que el aditivo lo adquirirán sólo productores con animales estabulados, se usa el parámetro de reducción según especificación del producto	Baja

Se espera que la información sea fácil de obtener y procesar. Sin embargo, es importante que en la medición de los inventarios a futuro se incluya el efecto del aditivo, lo que implicará reportar año a año la importación (y eventualmente fabricación) del producto. En la actualidad, el inventario discrimina sólo según categoría de animales y zona del país, por lo que con ese método no capturará la variación esperada.

El indicador a seleccionar para esta acción es el de reducción de emisiones por uso del inhibidor. El indicador del subtipo intermedio, que se refiere al uso del aditivo, no agrega valor si se considera un efecto parejo del insumo en un 30% de reducción.

En cuanto al indicador de Intensidad de emisión, más adelante se propone considerarlo de manera conjunta para toda la producción pecuaria.

Ficha indicador principal acerca de reducción de emisiones por fermentación entérica.

Elemento	Sub elemento	Contenido
<b>Acción</b>	<b>Nombre</b>	Uso de aditivo reductor de emisiones de metano en ganado bovino
	<b>Tipo de medida</b>	Mitigación
	<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de GEI por fermentación entérica a través de uso de aditivo autorizado
	<b>Importancia relativa</b>	Alta

<sup>19</sup> En general la producción estabulada de bovinos se da en mayor medida en el sector lechero. Además, para la recepción de leche se cuenta con información confiable y segura. Aun así, el indicador sería un *proxi*, ya que no considera el efecto por ejemplo en los feedlot de producción de carne.

<b>Indicador</b>	<b>Nombre</b>	Reducción GEI por fermentación entérica por uso de aditivo
	<b>Tipo de indicador</b>	Efecto
	<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto GEI
	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir la baja de emisiones de GEI por uso de aditivo en fermentación entérica de animales estabulados
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Media – alta. Se espera que el dato de importación del aditivo esté disponible. Se asume que será usado en animales estabulados, según recomendación de etiqueta.
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Nula en nuevos recursos. Baja en tiempo a usar en la estimación
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	MM tCO <sub>2</sub> eq
	<b>Metodología de cálculo</b>	Emisiones estimadas año 10 – Emisiones estimadas año 0 (se supuso desde 2020 a 2030)
	<b>Datos requeridos</b>	Importación del aditivo, stock que puedan quedar al fin del año
	<b>Frecuencia de medición</b>	Anual
<b>Valores objetivos indicador</b>	<b>Valor inicial</b>	0 kt CO <sub>2</sub> eq (año 2020)
	<b>Valor objetivo</b>	-114,3 kt CO <sub>2</sub> eq
	<b>Plazo valor objetivo</b>	10 años. Se asume uso en 30% de las vacas lecheras

Si bien técnicamente este es un indicador que tiene expresión diferenciada regionalmente, dado que la importación del aditivo tendrá un dato centralizado, se dificulta su cálculo a nivel regional. Sin embargo, en la eventualidad que la medida para esta acción se refiera a un subsidio para el uso del aditivo, este se podrá cuantificar territorialmente con mayor facilidad.

#### **(D) Intensidad de emisiones subsector ganadero**

Si bien para efecto del cumplimiento del presupuesto de Agricultura incluido en la ECLP son las emisiones absolutas de GEI los guarismos relevantes, para efecto de la política sectorial agropecuaria es útil incentivar el desacople entre la producción y las emisiones de GEI. Así, no es estrictamente necesario disminuir la producción de alimentos para avanzar en el cumplimiento de los compromisos en Cambio Climático.

Al respecto, se propone para la ganadería en general un indicador de intensidad de emisiones, que dé una mirada acerca del comportamiento del subsector acerca del tema climático. Se propone trabajar con el valor del PIB ganadero. Este dato en la actualidad se encuentra agregado para todo el sector Silvoagropecuario, sin embargo, hasta hace una década se publicaba los valores por subsector

(desagregado en Agricultura, Ganadería, Fruticultura, Silvicultura y Otros), por lo que se podría gestionar su presentación diferenciada en la información del Banco Central. Otra opción sería estimar el valor de la producción de lácteos y carnes para cada año, sin embargo, eso requeriría un esfuerzo de trabajo relevante, lo que haría menos realista la construcción periódica del indicador.

Sería interesante medir la variación año a año, requiriéndose para eso los valores del PIB ganadero y el valor de inventario de las emisiones por Fermentación entérica del ganado sumado a las emisiones por tratamiento de estiércol.

$$\% \text{ variación} = [ (\text{Emisiones ganadería}_1 / \text{PIB ganadero}_1) - (\text{Emisiones ganadería}_0 / \text{PIB ganadero}_0) ] / (\text{Emisiones ganadería}_0 / \text{PIB ganadero}_0)$$

#### Ficha indicador intensidad de emisiones subsector ganadero

Elemento	Sub elemento	Contenido
<b>Acción</b>	<b>Nombre</b>	NO APLICA
	<b>Tipo de medida</b>	
	<b>Objetivos</b>	
	<b>Importancia relativa</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Nombre</b>	Intensidad de emisión de GEI de la ganadería
	<b>Tipo de indicador</b>	Efecto
	<b>Subtipo de indicador</b>	Intensidad de emisiones
	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir anualmente el avance o retroceso en el desacople de la producción ganadera con la emisión de GEI
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	De obtener por parte del Banco Central la información de PIB por subsectores, la información estará disponible y será de la calidad adecuada.
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Nula, si el Banco Central la provee desagregada. En cuanto a emisiones, se utiliza el dato del Inventario
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	% de variación anual
	<b>Metodología de cálculo</b>	$\% \text{ variación} = [ (\text{Emisiones ganadería}_1 / \text{PIB ganadero}_1) - (\text{Emisiones ganadería}_0 / \text{PIB ganadero}_0) ] / (\text{Emisiones ganadería}_0 / \text{PIB ganadero}_0)$
	<b>Datos requeridos</b>	PIB ganadería, emisiones anuales por fermentación entérica y por gestión de estiércol
	<b>Frecuencia de medición</b>	Anual
<b>Valores objetivos indicador</b>	<b>Valor inicial</b>	---
	<b>Valor objetivo</b>	Variación negativa

Elemento	Sub elemento	Contenido
	Plazo valor objetivo	No hay (se podría definir por la autoridad sectorial)

Como todo indicador agregado, la debilidad del indicador propuesto es que la mejora en eficiencia de un tipo de ganadería, compense el alza de las emisiones en otra categoría. El indicador, por lo tanto, es una referencia para ir testeando el tema agregadamente, y requiere un análisis más detallado para la toma de medidas o su modificación.

### (E) Uso eficiente de fertilizantes

La aplicación de urea es la cuarta categoría de emisiones en Agricultura, representando sólo un 3,3% de las emisiones. La medida de buenas prácticas en fertilizantes, a su vez, si bien al mejorar la eficiencia de aplicación se mitigan emisiones, el valor posible de alcanzar no es muy sustantivo si no se considera caída en la producción (aplicación de menos nitrógeno neto a los cultivos). En este sentido, no se trata de un componente ni de una medida muy importante considerando las emisiones sectoriales y el presupuesto. Sin embargo, la medida se justifica también por la oportunidad de mejorar la comprensión del tema por parte de los agricultores y hacerlos partícipes de una solución. A la vez, la facilidad de medir los avances en el inventario nacional, recomiendan contar con un indicador al respecto.

Este indicador será creciente a medida que se produce más con menor uso de fertilizantes nitrogenados, lo que apuntaría en la lógica de desacoplar el uso de fertilizantes con la producción, poniendo el incentivo en la eficiencia de uso, y evitando así esconder externalidades de menor alimentación o importaciones de alimentos (con sus correspondientes emisiones en el extranjero).

Indicadores sugeridos para Buenas prácticas en fertilización.

<b>Medida</b>	Asistencia técnica para buenas prácticas en el uso de fertilizantes			
<b>Tipo de medida</b>	Medida de mitigación			
<b>Objetivos</b>	Mejorar la eficiencia de aplicación por parte de los agricultores, disminuyendo la volatilización de GEI			
<b>Importancia relativa</b>	Reducción de emisiones de 0,1 MMT CO <sub>2</sub> eq al 2030			
<b>Indicadores</b>	Variación anual en uso de fertilizantes en la agricultura	Variación emisiones anuales de GEI por aplicación de N	Variación anual de la productividad en uso de fertilizantes en la agricultura	Variación anual de intensidad de emisión de GEI por aplicación de N
<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto intermedio	Efecto GEI	Efecto intermedio	Efecto GEI
<b>Objetivos del indicador y usos</b>	Medir el uso de fertilizantes	Medir la variación en emisión de GEI por fertilización	Medir la variación en la eficiencia de uso de	Medir la variación de GEI en relación a la

<b>previstos de los resultados</b>	nitrogenados en la agricultura	nitrogenada en la agricultura	nitrógeno en la agricultura	producción agropecuaria
<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Calidad y confiabilidad alta.	Calidad y confiabilidad media-alta. (Tipo 1)	Calidad y confiabilidad baja (Variación del PIB depende de muchos otros factores) <sup>20</sup>	Calidad y confiabilidad baja (Variación del PIB depende de muchos otros factores)
<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Demanda baja de recursos; información regularmente disponible	Demanda baja de recursos; información regularmente disponible	Demanda baja de recursos; información regularmente disponible	Demanda baja de recursos; información regularmente disponible

Concientizar a los agricultores de Chile acerca del problema del Cambio Climático, y hacerlos parte de la solución a través de una mejora en la eficiencia de aplicación de fertilizantes, se considera una actividad necesaria, más allá de que su poca relevancia por su participación en las emisiones sectoriales y nacionales. Eso sí, debe ser una medida costo efectiva en cuanto a esfuerzo en su seguimiento, por lo que se sugiere que sean indicadores en base a información ya disponible, aunque carezcan de mucha precisión.

Se estima que el indicador más adecuado es la Variación de emisiones anuales por aplicación de fertilizantes nitrogenados. Dado que se ocupa un factor de emisión único, no tiene sentido incluir además un indicador intermedio.

Ficha indicador principal acerca de reducción de emisiones en fertilización nitrogenada.

Elemento	Sub elemento	Contenido
<b>Acción</b>	<b>Nombre</b>	Uso eficiente de fertilizantes
	<b>Tipo de medida</b>	Mitigación
	<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de GEI por aplicación de fertilizantes nitrogenados. A través de uso de inhibidores y aplicación eficiente.
	<b>Importancia relativa</b>	Media
<b>Indicador</b>	<b>Nombre</b>	Variación emisiones anuales de GEI por aplicación de N
	<b>Tipo de indicador</b>	Efecto
	<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto GEI

<sup>20</sup> Si bien se podría mejorar la confiabilidad reemplazando el PIB Agropecuario por el valor de la producción de los principales cultivos que demandan los fertilizantes, requeriría trabajo en selección de los datos para su estimación.

	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir la baja de emisiones de GEI a través del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Media – alta. El dato de importaciones está disponible, hay que discriminar sobre uso en la agricultura. Datos de producción de fertilizantes en Chile
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Nula en nuevos recursos. Baja en tiempo a usar en la estimación
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	MM tCO <sub>2</sub> eq
	<b>Metodología de cálculo</b>	Emisiones estimadas año 1 – Emisiones estimadas año 0
	<b>Datos requeridos</b>	Importación de fertilizantes nitrogenados para la agricultura. Fabricación nacional de fertilizantes nitrogenados para la agricultura
	<b>Frecuencia de medición</b>	Anual
<b>Valores objetivos indicador</b>	<b>Valor inicial</b>	0 kt CO <sub>2</sub> eq (año 2020)
	<b>Valor objetivo</b>	-30 kt CO <sub>2</sub> eq
	<b>Plazo valor objetivo</b>	1 año

Si bien técnicamente este es un indicador que tiene expresión diferenciada regionalmente, dado que la estimación de la cantidad de fertilizante nitrogenado usado por la agricultura tiene una expresión centralizada, no se recomienda hacer esfuerzos para estimar indicadores regionales. Sin embargo, para efectos de impulsar esta medida, las estrategias con seguridad tendrán elementos diferenciados por región del país.

#### **(F) Reducción de quemas agrícolas**

En el año 2020 las quemas de residuos agrícolas representaron sólo un 0,4% de las emisiones de GEI. Tiene una participación muy baja en las emisiones sectoriales, sin embargo, es una práctica que tiene externalidades negativas importantes, como el riesgo de incendios, y el peligro de accidentes en caminos por falta de visibilidad.

Para su cuantificación en el Inventario Nacional de GEI se utiliza un método Nivel 1, lo que se justifica por la baja importancia en las emisiones totales. Esto implica que de la superficie en que se realiza la quema, la intensidad (en cuanto a materia seca que efectivamente se quema), es definida por juicio experto.

Es sencillo elaborar un indicador para la acción de no realizar quemas agrícolas, medida como una reducción en comparación al año anterior, ya que para una quema legal se debe contar con permiso de CONAF, el que queda registrado para ser cuantificado año a año. Eso se rescata de esta manera a través de los inventarios, con el parámetro de juicio experto mencionado en el párrafo anterior. Sin embargo, medidas que incentiven la reducción son un poco más complejas de medir de manera más certera, ya que

deberán contrastarse con la real intención que tendría el agricultor de realizar la práctica sin este incentivo.

Una opción para desarrollar una medida sería la revisión de los titulares que solicitan permisos de quema en CONAF, e identificar los que lo hacen de manera permanente, año a año. Sobre estos actores se podría aplicar alguna normativa que los vaya restringiendo de la práctica paulatinamente, y/o que incentive el uso de una práctica alternativa a la quema.

Por la importancia agregada que tiene este tema: emisiones, riesgo de incendios, riesgo de accidentes; se propone utilizar un indicador intermedio, que dé cuenta de la evolución en el uso de esta técnica a través de la variación anual de las hectáreas para las que se solicita permiso de quema a CONAF.

En el Inventario de emisión de GEI, la estimación se realiza rubro por rubro, se estima la cantidad de biomasa que se produce como rastrojo (o restos de poda en fruticultura), y con juicio experto se estima una proporción de esta biomasa que efectivamente se quema para la superficie autorizada. Para este caso se propone un indicador simple, que no requiera esfuerzos analíticos importantes, por lo que se propone sencillamente comparar la superficie total de residuos autorizados para su quema.

Ficha indicador principal acerca de reducción de quemas agrícolas.

Elemento	Sub elemento	Contenido
<b>Acción</b>	<b>Nombre</b>	Disminución de las quemas agrícolas
	<b>Tipo de medida</b>	Mitigación
	<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de GEI por quema de residuos agrícolas, y a la vez bajar riesgos de incendios y de accidentes camineros
	<b>Importancia relativa</b>	Media
<b>Indicador</b>	<b>Nombre</b>	Variación en el uso de quemas agrícolas como tratamiento de residuos
	<b>Tipo de indicador</b>	Efecto
	<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto intermedio
	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir la variación anual de la superficie de quemas agrícolas autorizadas
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Media – alta. Se cuenta con el dato anual de parte de Conaf, sin embargo, las quemas ilegales no son parte de este registro
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Nula en nuevos recursos. Baja en tiempo a usar en la estimación
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	Hectáreas
	<b>Metodología de cálculo</b>	Hectáreas de rastrojo o residuos queados en el año 1, menos las correspondientes en el año 0

Elemento	Sub elemento	Contenido
	Datos requeridos	Hectáreas autorizadas de quema anualmente por parte de Conaf.
	Frecuencia de medición	Anual
Valores indicador	objetivos	
	Valor inicial	---
	Valor objetivo	---
	Plazo valor objetivo	1 año

### (G) Producción de arroz bajos en emisiones

El cultivo de arroz corresponde a la quinta categoría en emisiones del sector Agricultura, con un aporte del 1,6% a las emisiones del sector. Como se menciona en los informes anteriores de este estudio, el cultivo se localiza en una zona geográfica específica del país, y no existe posibilidad técnico-económica de aumentar en medida importante su superficie de cultivo. Es, por lo tanto, un emisor no prioritario por su importancia. Sin embargo, al existir bastante experiencia internacional en su análisis, y por las ofertas tecnológicas que pueden hacer atractivo su desarrollo, sí se puede hacer de manera costo-efectiva, lo que implicará en ese caso una necesidad de desarrollar indicadores.

En la actualidad, en el Inventario de GEI de Chile, se utiliza un método de medición Nivel 1, y se considera además un período de tiempo de inundación en el cultivo homogéneo para todos los agricultores. De esta manera, con esa forma de medir las emisiones la única variable que puede influir en su participación en emisión de GEI es la superficie del cultivo. Esta por supuesto es fácil de medir, es un dato que se estima anualmente desde hace décadas, y por tanto se cuenta con esa información sin un costo adicional. Si además esta se multiplica por un factor constante, su estimación es muy simple de calcular.

La principal medida posible de aplicar para disminuir las emisiones por superficie de arroz, es el tiempo en que permanece el suelo inundado. En Chile, para el Inventario de GEI, se consideró que la forma de manejo que se realiza hoy del cultivo es muy homogénea, y por eso se optó por un estándar fijo de inundación durante todos los días cultivo (menos de 180 días sin inundación). Sin embargo, de aplicarse acciones que disminuyan ese factor, harán necesario un seguimiento diferenciado, que tipifique y estime proporciones de distintos tipos de manejo en ese sentido.

Una posible medida para esta acción es consolidar (o desarrollar) un paquete tecnológico estandarizado que incluya una cantidad significativamente menor de días de inundación, y promoverlo entre los agricultores.

Cabe resaltar que esta medida posee además un co-beneficio asociado a la adaptación al Cambio Climático, que es el menor uso de agua de riego que involucra este paquete tecnológico diseñado. Se propone además entonces un indicador de Emisiones no GEI.

Indicadores sugeridos para uso de paquete tecnológico de menor emisión en arroz.



<b>Medida</b>	Aplicación de paquete tecnológico de baja emisión en arroz		
<b>Tipo de medida</b>	Medida de mitigación		
<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de metano en el cultivo de arroz		
<b>Importancia relativa</b>	Reducción de emisiones en porcentaje (dependerá de los días de inundación que incluya el paquete tecnológico)		
<b>Indicadores</b>	Número de agricultores que implementa el paquete tecnológico	Reducción de GEI por menor tiempo de inundación en arroz	Reducción de intensidad de emisión de GEI por tonelada de arroz producido
<b>Subtipo de indicador</b>	Intermedio	Efecto GEI	Efecto GEI
<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir el nivel de adopción de la tecnología por parte de los agricultores	Medir la reducción absoluta de emisión de GEI por incorporar el paquete tecnológico de menor emisión.	Medir la reducción de emisión por producción de arroz. Implica dividir las emisiones anuales de GEI por cultivo de arroz por la producción del rubro
<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Se espera que alta, según la operación de la medida	Se espera que alta, según la operación de la medida, y la simplicidad de que sea un paquete único.	Se espera que alta. El dato de producción de arroz por temporada está disponible
<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Baja, en la medida que la medida esté bien implementada	Baja, en la medida que la medida esté bien implementada	Baja, en la medida que la medida esté bien implementada

El primer indicador es importante para ver la penetración de la medida en los agricultores. Si esta medida va acompañada de algún tipo de certificación puede ser más atractiva para los productores, y le puede dar un valor comercial que la potencia.

El tercer indicador es de intensidad de emisión, lo que es útil para desacoplar la producción agrícola con las emisiones de GEI, haciendo las medidas más coherentes con la política sectorial.

Ficha indicador principal acerca de reducción de emisiones por cultivo de arroz.

Elemento	Sub elemento	Contenido
<b>Medida</b>	<b>Nombre</b>	Uso paquete tecnológico bajo en emisión
	<b>Tipo de medida</b>	Mitigación
	<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de GEI por cultivo de arroz usando menor período de inundación
	<b>Importancia relativa</b>	Baja
<b>Indicador</b>	<b>Nombre</b>	Reducción GEI por menor período de inundación en arroz

	<b>Tipo de indicador</b>	Efecto
	<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto GEI
	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir la baja de emisiones de GEI por uso de paquete tecnológico con menor período de inundación del cultivo
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Media – alta. Se espera que el dato de las hectáreas que adoptan el paquete tecnológico será estimable
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Nula en nuevos recursos. Media en tiempo a usar en la estimación
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	MM tCO <sub>2</sub> eq
	<b>Metodología de cálculo</b>	Emisiones estimadas año 10 – Emisiones estimadas año 0
	<b>Datos requeridos</b>	Número de hectáreas que adoptan el paquete tecnológico
	<b>Frecuencia de medición</b>	Anual
<b>Valores objetivos indicador</b>	<b>Valor inicial</b>	0 kt CO <sub>2</sub> eq (año 2020)
	<b>Valor objetivo</b>	-28,86 kt CO <sub>2</sub> eq
	<b>Plazo valor objetivo</b>	10 años. Se asume uso en 30% de menor período de inundación y 50% de adopción

Esta medida tiene una expresión regional fácil de identificar, por lo que se sugiere desagregar el indicador, para las regiones de Maule y Ñuble, de manera de poder retroalimentar las medidas de manera más adecuada hacia las instituciones ejecutoras (INDAP e INIA).

Para el indicador acerca del menor uso del agua, se requerirá estimar los metros cúbicos de agua ahorrada en el paquete tecnológico por hectárea cada año. Esta reducción se multiplica por la superficie de cultivo que adopta el paquete tecnológico, y lo cultiva para ese año. Se observa la diferencia entre el año 0 y el año 1.

Ficha indicador beneficios acerca de reducción de uso de agua por cultivo de arroz.

Elemento	Sub elemento	Contenido
<b>Medida</b>	<b>Nombre</b>	Uso paquete tecnológico bajo en emisión
	<b>Tipo de medida</b>	Mitigación - Adaptación
	<b>Objetivos</b>	Disminuir las emisiones de GEI por cultivo de arroz usando menor período de inundación
	<b>Importancia relativa</b>	Baja
<b>Indicador</b>	<b>Nombre</b>	Reducción en el uso de agua para riego en cultivo de arroz

	<b>Tipo de indicador</b>	Efecto
	<b>Subtipo de indicador</b>	Efecto no GEI
	<b>Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados</b>	Medir la baja en el uso de agua para riego asociada al paquete tecnológico con menor período de inundación
	<b>Disponibilidad y calidad de la información</b>	Media – alta. Se espera que el dato de las hectáreas que adoptan el paquete tecnológico será estimable
	<b>Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación</b>	Nula en nuevos recursos. Media en tiempo a usar en la estimación
<b>Método de medición indicador</b>	<b>Unidad de medición</b>	M <sup>3</sup> de agua de riego
	<b>Metodología de cálculo</b>	Agua ahorrada por paquete tecnológico en año 1 (M <sup>3</sup> ) - Agua ahorrada por paquete tecnológico en año 0 (M <sup>3</sup> )
	<b>Datos requeridos</b>	Número de hectáreas que adoptan el paquete tecnológico
	<b>Frecuencia de medición</b>	Anual
<b>Valores objetivos indicador</b>	<b>Valor inicial</b>	0 M <sup>3</sup>
	<b>Valor objetivo</b>	A definir según metas sectoriales, y ahorros de agua en el paquete tecnológico.
	<b>Plazo valor objetivo</b>	A definir

## V. Capítulo 5. Medidas asociadas a medios de implementación

Para el desarrollo de los medios de implementación requeridos para cada una de las medidas se ha utilizado la guía para la elaboración de planes sectoriales de mitigación, la cual es coherente con la clasificación e indicaciones establecidas en la LMCC y ECLP respecto de los medios de implementación.

Los medios de implementación se clasifican en:

1. Desarrollo y Transferencia de Tecnología
2. Creación y Fortalecimiento de Capacidades
3. Lineamientos Financieros

Para el desarrollo de los medios de implementación se identificaron y caracterizaron las medidas de medios de implementación, que corresponden a las acciones habilitantes que conformarán los medios de implementación que permitirán que la medida de mitigación pueda desarrollarse y cumplir su objetivo.

Luego de caracterizadas las medidas de medio de implementación están se priorizaron y se describen en las fichas propuestas.

Para la identificación de las medidas de medios de implementación se ha hecho un análisis y evaluación de las brechas y riesgos asociados a la medida de mitigación.

- Biodigestores porcinos

En base a las brechas y riesgos identificados para la medida de mitigación de biodigestores porcinos se proponen las medidas de medios de implementación:

	Medidas de Medios de Mitigación
<b>Brechas</b> Norma de Olores Coordinación con MMA Falta capacidades tecnológicas del productor Requerimiento de alta inversión para productores sin capacidad de crédito Desarrollar proceso de autorización ambiental Autorización SEA y SEC	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Evaluar en coordinación con MMA los cambios en los sistemas de tratamiento de purines que genere la norma de olores</li><li>2. Continuar programa público-privado de "Transformación Tecnológica Energética y Ambiental para el Segmento Pyme de la Industria Porcina", para diseñar las opciones de implementación de los proyectos</li><li>3. Evaluar un sistema de apoyo financiero estatal para la implementación de proyectos (garantías crediticias, subsidios, bonificación u otro)</li></ol>
<b>Riesgos</b> Que los productores decidan cerrar Que el cambio de sistema no se económicamente sostenible Impactos negativos por mal manejo del biodigestor	

Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura biodigestores porcinos

Elemento	Subelemento	Medida Asociada 1	Medida Asociada 2	Medida Asociada 3
<b>Identificación</b>	<b>Nombre</b>	Evaluar en coordinación con MMA la norma de olores	Continuar programa "Transformación Tecnológica Energética Pyme Porcina	Evaluar un sistema de apoyo financiero estatal para Pymes porcinas
	<b>Tipo de medio de implementación</b>	Creación y Fortalecimiento de Capacidades	Desarrollo y Transferencia de Tecnología	Lineamientos Financieros
	<b>Fecha implementación</b>	Segundo semestre 2024	Segundo semestre 2024	Segundo semestre 2024
<b>Objetivo</b>	<b>Necesidad en que se enfoca</b>	Se necesita conocer que sistema de tratamiento implementarán los productores porcinos para dar cumplimiento a la ley de olores, ya que al disminuir olores se bajan las emisiones	Saber cómo implementar las soluciones para el tratamiento de purines identificadas y caracterizadas en el programa de Pymes porcinas, incluyendo los permisos SEC y SEA	Identificar opciones de financiamiento público para apoyar las inversiones de implementación y operación de biodigestores
	<b>Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar</b>	Riesgo que los productores opten por un tratamiento para manejar olores y después no puedan modificarlo a biodigestor	Barrera técnico-económica asociada a la falta de financiamiento para la inversión del sistema de tratamiento y su posterior operación	Que las Pymes porcinas cierren y la industria se concentre en pocos productores grandes
	<b>Objetivo práctico</b>	Lograr congruencia entre la norma de olores y la medida de mitigación	Tener un sistema diseñado para la implementación de biodigestores en las Pymes porcinas	Contar con una vía de financiamiento para los biodigestores

<b>Descripción</b>	<b>Acciones concretas</b>	Presupuestar recursos para licitar la realización de un estudio/encuesta para conocer y dimensionar los tratamientos de purines que harán los productores, quienes deben levantar su línea base en enero 2024 y reducir olores en 70% y 75% a febrero 2027	Presupuestar recursos para la licitación y diseñar un programa que haga viable técnica y económicamente la implementación de biodigestores	Realizar análisis económico y presupuestario para contar con un fondo de cofinanciamiento para la implementación de biodigestores porcinos
	<b>Medidas de mitigación relacionadas</b>	Biodigestores porcinos	Biodigestores porcinos	Biodigestores porcinos
	<b>Otros medios de implementación relacionados</b>	Continuar con el programa de transformación tecnológica energética, y Evaluar sistema de apoyo financiero	Evaluar impacto de norma de olores	Continuar programa "Transformación Tecnológica Energética Pyme Porcina"
<b>Alcance</b>	<b>Alcance temporal</b>	12 meses	12 meses	12 meses
	<b>Alcance territorial</b>	Nivel nacional	Nivel nacional	Nivel nacional
<b>Instituciones</b>	<b>Institución líder</b>	ODEPA	ODEPA	ODEPA
	<b>Instituciones involucradas</b>	Ministerio de Medio Ambiente	Ministerio de Energía/CORFO	ODEPA/Ministerio de Economía
<b>Financiamiento</b>	<b>Costo implementación</b>	25.000.000 pesos	50.000.000 pesos	No genera costo incremental
	<b>Origen del financiamiento</b>	ODEPA	ODEPA/CORFO	ODEPA/CORFO
	<b>Instrumento por medio del cual se ejecutaría</b>	Licitación de estudio	Licitación de estudio	Comité de trabajo interministerial (CORFO-MINECON-MINHACIENDA)
<b>Análisis cualitativo</b>	<b>Facilitadores</b>	Se debe cubrir solo el 20% de la producción nacional con una distribución en la zona centro sur	Ya existe un estudio que identifico a productores Pymes y les entregó una solución técnica	Experiencia institucional en este tipo de estudios.

	<b>Brechas de ejecución</b>	Falta de financiamiento	No existe factibilidad técnica y/o económica del programa de implementación de biodigestores	Falta de priorización de la medida
<b>Seguimiento</b>	<b>Indicadores para evaluar su cumplimiento</b>	Distribución de sistemas de tratamiento de purines que serán realizados por productores que hoy solo tienen tratamiento primario	Programa de implementación de biodigestores en Pymes porcinas diseñado y con evaluación de factibilidad	Creación de un fondo de cofinanciamiento para la implementación de biodigestores

BORRADOR

- Uso eficiente fertilizantes

	Medidas de Medios de Mitigación
<p><b>Brechas</b></p> <p>No existe un organismo en el estado con competencia directa para incentivar el uso eficiente de fertilizante.</p> <p>No hay claridad respecto del potencial exacto de la medida y en cultivos y perfiles de productores tiene mayor potencial y costo efectividad.</p> <p>Normas para crear institucionalidad que se haga cargo de programa de promoción del uso eficiente de fertilizantes e implementación de certificación.</p> <p>Si bien se espera que esta medida reduzca los costos de los agricultores, el esfuerzo financiero para lograr la adopción de estas prácticas puede ser significativo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnóstico de potenciales de reducción uso fertilizantes</li> <li>2. Certificación calidad fertilizantes nitrogenados</li> <li>3. Incorporar criterios de fertilización eficiente y sustentable en instrumentos de fomento</li> </ol>
<p><b>Riesgos</b></p> <p>Desconocimiento del estado del arte del uso de fertilizantes del país</p> <p>Falta de conocimiento técnico de los productores sobre el uso eficiente de fertilizantes.</p> <p>Inversión inicial en análisis de suelo y equipos de aplicación eficiente de fertilizantes puede ser alta.</p> <p>Se requiere de mano de obra calificada.</p> <p>Resistencia en la adopción</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Programa integral de asistencia técnica a productores sobre uso eficiente de fertilizantes</li> <li>5. Promover nuevas alternativas de fertilización baja en emisiones (generación de nuevos productos, condiciones habilitantes, acceso y uso)</li> </ol>



Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura uso eficiente fertilizantes

Elemento	Subelemento	Medida Asociada 1	Medida Asociada 2
Identificación	Nombre	Diagnóstico de potenciales de reducción uso fertilizantes	Certificación calidad fertilizantes nitrogenados
	Tipo de medio de implementación	Desarrollo y transferencia de tecnología	Creación y fortalecimiento de capacidades
	Fecha implementación	Segundo semestre 2024	Segundo semestre 2024
Objetivo	Necesidad en que se enfoca	Falta de diagnóstico respecto de dónde se debe centrar las intervenciones para potenciar la reducción en uso de fertilizantes	Existen problemas en la calidad y correspondencia en los contenidos de fertilizantes
	Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar	Ya que pueden existir importantes diferencias en la eficiencia de uso entre distintos agricultores es necesario evaluar donde se deben enfocar las medidas para que estas tengan una mayor eficiencia	Dado que no siempre los contenidos son los indicados en las etiquetas esto puede afectar la eficiencia de uso, los rendimientos y las emisiones
	Objetivo práctico	Reducir el costo de implementación y aumentar la eficiencia de la medida de mitigación relacionada	Ayudar a lograr una mayor eficiencia efectiva en el uso de fertilizantes
Descripción	Acciones concretas	Diagnóstico sobre intensidad de uso de fertilizantes a nivel nacional (levantar información sobre qué tipo de productores, medianos, pequeños o grandes).	Implementar sistema de certificación de fertilizantes nitrogenados respecto a sus contenidos
	Medidas de mitigación relacionadas	Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados	Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados
	Otros medios de implementación relacionados	Certificación calidad fertilizantes nitrogenados	Diagnóstico de potenciales de reducción uso fertilizantes

<b>Alcance</b>	<b>Alcance temporal</b>		
	<b>Alcance territorial</b>	Nivel nacional.	Nivel nacional.
<b>Instituciones</b>	<b>Institución líder</b>	Por determinar	Por determinar
	<b>Instituciones involucradas</b>	Por determinar	Por determinar
<b>Financiamiento</b>	<b>Costo implementación</b>	300.000 USD en total	700.000 USD en total
	<b>Origen del financiamiento</b>	Por determinar	Por determinar
	<b>Instrumento por medio del cual se ejecutaría</b>	Licitación de estudio	Normativa
<b>Análisis cualitativo</b>	<b>Facilitadores</b>	Existen antecedentes que podrían facilitar el desarrollo del diagnóstico	Existencia de estudios previos en Chile y otros países
	<b>Brechas de ejecución</b>	Un diagnóstico detallado podría requerir un levantamiento en terreno que es costoso y demoroso	Se requiere implementar nuevas normativas que regulen la certificación
<b>Seguimiento</b>	<b>Indicadores para evaluar su cumplimiento</b>	Estudios realizados que actualicen diagnóstico	Existencia y grado de utilización de sistema de certificación de calidad de fertilizantes nitrogenados

- Mejoramiento dietas ganado bovino

	<b>Medidas de Medios de Mitigación</b>
<b>Brechas</b> No hay mucho conocimiento, falta difusión Actualmente no se utiliza Reduce la rentabilidad económica del negocio	1. Dar a conocer el valor del uso de aditivos reductores de metano

<p><b>Riesgos</b>          No es aplicable a todas, debe diseñarse uno a uno          Puede aumentar las emisiones de otros gases GEI          Resistencia al cambio por parte de los productores por mayores costos de operación, ajustes en el manejo del ganado y logística</p>	<p>2. Diseñar y evaluar los incentivos que puede producir un cambio en el productor hacia el uso de aditivos</p>
--	--

Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura aditivo reductor metano

Elemento	Subelemento		
<b>Identificación</b>	<b>Nombre</b>	Dar a conocer el valor del uso de aditivos reductores de metano y capacitar sobre su uso	Diseñar y evaluar los incentivos para el uso de aditivos
	<b>Tipo de medio de implementación</b>	Creación y Fortalecimiento de Capacidades	Lineamientos Financieros
	<b>Fecha implementación</b>	Segundo semestre 2024	Segundo Semestre de 2024
<b>Objetivo</b>	<b>Necesidad en que se enfoca</b>	Desconocimiento del efecto del aditivo en el animal, y la reducción de las emisiones de la fermentación entérica	Lograr que los productores usen el aditivo reductor de metano
	<b>Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar</b>	Barrera técnica, porque su uso es reciente, y puede existir un rechazo a los desconocido, y porque no se ha probado en todos los sistemas productivos.	Generar un incentivo para incorporarlo a la dieta, aún cuando el productor no tiene un beneficio directo económico, ni tampoco en el bienestar del animal.

	<b>Objetivo práctico</b>	Conocer el o los productos aditivos y su factibilidad de uso	Que el aditivo se incorpore en las dietas, en los concentrados para animales bovinos
<b>Descripción</b>	<b>Acciones concretas</b>	Programa de Granjas Pilotos y Capacitación en el Uso de Aditivo reductor de metano	Identificar incentivos económicos que modifiquen la decisión del productor para incorporar el aditivo
	<b>Medidas de mitigación relacionadas</b>	Aditivo reductor de metano	Aditivo reductor de metano
	<b>Otros medios de implementación relacionados</b>	Diseñar y evaluar los incentivos para el uso de aditivos	Dar a conocer el valor del uso de aditivos reductores de metano y capacitar sobre su uso
<b>Alcance</b>	<b>Alcance temporal</b>	12 meses, con frecuencia anual hasta 2030.	12 meses
	<b>Alcance territorial</b>	Nivel nacional.	Nivel nacional.
<b>Instituciones</b>	<b>Institución líder</b>	ODEPA	ODEPA
	<b>Instituciones involucradas</b>	Por determinar	Por determinar
<b>Financiamiento</b>	<b>Costo implementación</b>		30.000.000
	<b>Origen del financiamiento</b>	Ministerio de Agricultura	Ministerio de Agricultura
	<b>Instrumento por medio del cual se ejecutaría</b>	Programas de Investigación y Cursos de Capacitación	Licitación pública
<b>Análisis cualitativo</b>	<b>Facilitadores</b>	INIA ya ha trabajado en la temática, existen las instancias de trabajo público privadas, a través de las mesas ganaderas regionales y nacional	El sector agropecuario cuenta con programas de apoyo e incentivos que podría usarse de referencia

	<b>Brechas de ejecución</b>	No hay una ganancia directa para el productor, no puede medir el impacto de reducción al usar el producto por lo cual puede haber poca acogida	Falta de información respecto del comportamiento y toma de decisión de los productores. Falta de disponibilidad de instrumentos económicos para el apoyo del programa
<b>Seguimiento</b>	<b>Indicadores para evaluar su cumplimiento</b>	Número de productores capacitados y su representación en el número de cabezas	Programa de apoyo diseñado y propuesta factible

BORRADOR

- Biodigestores bovinos

	Medidas de Medios de Mitigación
<b>Brechas</b> No existe uso actual de este tratamiento en bovinos confinados El sistema de tratamiento requiere autorización de SEC y SEA Alto costo de inversión y operación	1. Desarrollar capacidades técnicas para la implementación de biodigestores  2. Diseñar y evaluar un programa y un fondo para caracterizar los sistemas productivos de bovinos confinados, en los cuales es factible de incorporar biodigestores de estiércol; y su implementación
<b>Riesgos</b> No ser solución aplicable a medianos y pequeños productores Resistencia del sector porque requiere cambios de manejo Requiere capacidad técnica que hoy no existe en los planteles	

Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura biodigestores bovinos.

Elemento	Subelemento		
<b>Identificación</b>	<b>Nombre</b>	Desarrollar capacidades técnicas para la implementación de biodigestores	Diseñar y evaluar un programa y un fondo para la implementación de biodigestores de estiércol bovino
	<b>Tipo de medio de implementación</b>	Creación y Fortalecimiento de Capacidades	Lineamientos Financieros
	<b>Fecha implementación</b>	Segundo semestre 2024	Segundo semestre 2024
<b>Objetivo</b>	<b>Necesidad en que se enfoca</b>	Contar con las capacidades para diseñar e implementar biodigestores de acuerdo a la realidad de los productores	Identificar opciones de financiamiento público para apoyar las inversiones de implementación y operación de biodigestores

	<b>Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar</b>	Barrera técnico-económica por la falta de capacidades en la temática de biodigestores, y porque actualmente no se utilizan como un tratamiento para los purines bovinos, solo algunos casos puntuales	Que los productores opten por otros sistemas de tratamiento de purines menos eficientes en la reducción de emisiones de metano
	<b>Objetivo práctico</b>	Contar con capacidades técnicas para el diseño, implementación y operación de biodigestores bovinos	Contar con un incentivo económico para que los productores decidan implementar y operar biodigestores en sus planteles
<b>Descripción</b>	<b>Acciones concretas</b>	Realizar un curso de capacitación en Biodigestores, visitar experiencias nacionales en porcinos y en bovinos en otros países	Realizar análisis económico y presupuestario para contar con un fondo de cofinanciamiento para la implementación de biodigestores
	<b>Medidas de mitigación relacionadas</b>	Biodigestores Bovinos	Biodigestores Bovinos
	<b>Otros medios de implementación relacionados</b>	Diseñar y evaluar un programa y un fondo para la implementación de biodigestores de estiércol bovino	Desarrollar capacidades técnicas para la implementación de biodigestores
<b>Alcance</b>	<b>Alcance temporal</b>	12 meses con frecuencia anual hasta 2030	12 meses
	<b>Alcance territorial</b>	Nivel nacional.	Nivel nacional.
<b>Instituciones</b>	<b>Institución líder</b>	ODEPA	ODEPA
	<b>Instituciones involucradas</b>	Por determinar	Por determinar
<b>Financiamiento</b>	<b>Costo implementación</b>	60.000.000	50.000.000
	<b>Origen del financiamiento</b>	Ministerio de Agricultura	Ministerio de Agricultura
	<b>Instrumento por medio del cual se ejecutaría</b>	Programa de Capacitación	Licitación pública

<b>Análisis cualitativo</b>	<b>Facilitadores</b>	Existen biodigestores operativos en algunos planteles porcinos	Existen programas en el sector agropecuario con incentivos económicos para apoyar las decisiones del productor
	<b>Brechas de ejecución</b>	Lograr una convocatoria y contar con productores interesados en capacitarse	Falta de financiamiento, falta de información del estado del arte de la situación nacional
<b>Seguimiento</b>	<b>Indicadores para evaluar su cumplimiento</b>	Cantidad de productores capacitados	Estudio realizado y propuesta factible

BORRADOR



- Quemias agrícolas

	Medidas de Medios de Mitigación
<b>Brechas</b> Falta de institución dedicada Falta de maquinaria No hay normativa de quemias por contaminantes globales.	1. Generación de antecedentes para promover reducción de quemias
<b>Riesgos</b> Resistencia en la adopción de la medida por parte de los agricultores. Menor costo que otras alternativas	

#### Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura quemias agrícolas

Elemento	Subelemento	Medida Asociada 1
<b>Identificación</b>	<b>Nombre</b>	Generación de antecedentes para promover reducción de quemias
	<b>Tipo de medio de implementación</b>	Desarrollo y transferencia de tecnología
	<b>Fecha implementación</b>	Segundo semestre 2024
<b>Objetivo</b>	<b>Necesidad en que se enfoca</b>	Falta de antecedentes de relevancia local para demostrar las ventajas de incorporación de rastrojos en vez de quema, o de uso de siembra directa
	<b>Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar</b>	Ya que pueden existir importantes diferencias entre distintos agricultores es necesario evaluar donde se deben enfocar las medidas para que estas tengan una mayor eficiencia

	<b>Objetivo práctico</b>	Reducir el costo de implementación y aumentar la eficiencia de la medida de mitigación relacionada
<b>Descripción</b>	<b>Acciones concretas</b>	Diagnóstico sobre intensidad de uso de fert. nivel nacional. (levantar información sobre qué tipo de productores, medianos, pequeños o grandes).
	<b>Medidas de mitigación relacionadas</b>	Reducción de quemas agrícolas
	<b>Otros medios de implementación relacionados</b>	
<b>Alcance</b>	<b>Alcance temporal</b>	
	<b>Alcance territorial</b>	Nivel nacional.
<b>Instituciones</b>	<b>Institución líder</b>	ODEPA
	<b>Instituciones involucradas</b>	
<b>Financiamiento</b>	<b>Costo implementación</b>	150.000 USD en total
	<b>Origen del financiamiento</b>	Por determinar
	<b>Instrumento por medio del cual se ejecutaría</b>	Licitación de estudio
<b>Análisis cualitativo</b>	<b>Facilitadores</b>	Existe evidencia general de la conveniencia de evitar las quemas
	<b>Brechas de ejecución</b>	Falta evidencia a nivel local para las distintas condiciones y cultivos

<b>Seguimiento</b>	<b>Indicadores para evaluar su cumplimiento</b>	Realización de estudio que entreguen antecedentes relevantes para la toma de decisiones de los agricultores
--------------------	---	---

BORRADOR

- Arroz reducido metano

	Medidas de Medios de Mitigación
<b>Brechas</b> Falta de conocimiento técnico Falta en la forma de producir de pequeños productores Incorporar a la cadena de valor (agroindustria)	1. Desarrollar capacidades técnicas en pequeños productores para enfrentar un nuevo sistema de producción de arroz 2. Diseñar y evaluar un programa de INDAP para incentivar la adopción de un nuevo sistema productivo de arroz bajo en emisiones, que incluya el encadenamiento con la agroindustria.
<b>Riesgos</b> Resistencia al cambio Dificultades por cambios en el manejo del cultivo Bajas en la rentabilidad Requerimiento de inversiones adicionales	

#### Ficha Medidas de Medios de Implementación: 2025 Agricultura quemas agrícolas

Elemento	Subelemento		
<b>Identificación</b>	<b>Nombre</b>	Desarrollar capacidades técnicas en pequeños productores para enfrentar un nuevo sistema de producción de arroz	Diseñar y evaluar un programa de INDAP para arroz bajo en emisiones que incluya a la agroindustria
	<b>Tipo de medio de implementación</b>	Creación y Fortalecimiento de Capacidades	Desarrollo y Transferencia de Tecnología
	<b>Fecha implementación</b>	Segundo semestre 2024	Segundo semestre 2024

<b>Objetivo</b>	<b>Necesidad en que se enfoca</b>	Falta de conocimientos y capacidades técnicas para desarrollar el nuevo sistema productivo de arroz bajo en carbono	Falta programa específico de arroz que incentive el cambio de variedad e incluya a la agroindustria para que esté dispuesta a comprar la nueva variedad
	<b>Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar</b>	Barrera técnica para enfrentar un cambio en el sistema productivo y de manejo del cultivo	Contar con los incentivos financieros para producir la adopción de la nueva variedad de arroz, y que el productor no se quede en la producción tradicional de inundación.
	<b>Objetivo práctico</b>	Generar capacidades en los pequeños productores para que puedan cambiar la variedad de arroz y siga siendo rentable su negocio	Generar el cambio de sistema productivo y que los pequeños agricultores adopten el arroz bajo en emisiones y mantengan o mejoren su rentabilidad
<b>Descripción</b>	<b>Acciones concretas</b>	Realizar curso de capacitación	Diseñar programa Arroz bajo en emisiones dentro del Programa TAS/cultivos tradicionales
	<b>Medidas de mitigación relacionadas</b>	Arroz reducido en metano	Arroz reducido en metano
	<b>Otros medios de implementación relacionados</b>	Diseñar y evaluar un programa de INDAP para arroz bajo en emisiones que incluya a la agroindustria	Desarrollar capacidades técnicas en pequeños productores
<b>Alcance</b>	<b>Alcance temporal</b>	12 meses con frecuencia bianual	12 meses
	<b>Alcance territorial</b>	Nivel nacional	Nivel nacional.
<b>Instituciones</b>	<b>Institución líder</b>	Por determinar	Por determinar
	<b>Instituciones involucradas</b>	Por determinar	Por determinar
<b>Financiamiento</b>	<b>Costo implementación</b>		
	<b>Origen del financiamiento</b>	Por determinar	Por determinar

	<b>Instrumento por medio del cual se ejecutaría</b>	Por determinar	Por determinar
<b>Análisis cualitativo</b>	<b>Facilitadores</b>	Experiencia de INDAP en la realización de capacitaciones	Experiencia de INDAP en el diseño de este tipo de programas, y opciones de incluirlo dentro de programas existentes
	<b>Brechas de ejecución</b>	Falta de interés de los productores por temor a cambiar y que se afecte su rentabilidad	Falta de recursos o disponibilidad de personal para el diseño del programa
<b>Seguimiento</b>	<b>Indicadores para evaluar su cumplimiento</b>	Cantidad de productores capacitados	Programa de fomento de arroz bajo en emisiones diseñado y factible

BORRADOR

BORRADOR